



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Caracterização químico-bromatológica, digestibilidade e produção de gases  
*in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes  
estádios fenológicos**

**TAFNES BERNARDO SALES**

**Zootecnista**

**Areia – Paraíba**

**Março de 2018**

**TAFNES BERNARDO SALES**

**Caracterização químico-bromatológica, digestibilidade e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade – Orientador Principal

Prof. Dr. Divan Soares da Silva

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros

**Areia – Paraíba**

**Março de 2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S163c Sales, Tafnes Bernardo.

Caracterização químico-bromatológica,  
digestibilidade e  
produção de gases in vitro da palma forrageira dos  
gêneros Opuntia e Nopalea em diferentes estádios  
fenológicos / Tafnes Bernardo Sales. - Areia, 2018.  
55 f. : il.

Orientação: Albericio Pereira de Andrade.

Coorientação: Divan Soares da Silva, Ariosvaldo Nunes  
de Medeiros.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Palma forrageira - alimentação  
animal.  
3. Fracionamento de carboidratos. 4. Produção de gases.  
5. Digestibilidade in vitro. I. Andrade, Albericio  
Pereira de. II. Silva, Divan Soares da. III. Medeiros,  
Ariosvaldo Nunes de. IV. Título.

UFPB/BC



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**TÍTULO:** "Caracterização químico-bromatológica, digestibilidade, e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopales* em diferentes estágios fenológicos"

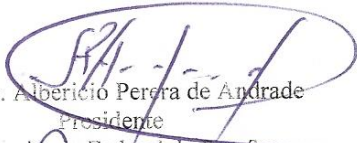
**AUTOR:** Taínes Bernardo Sales

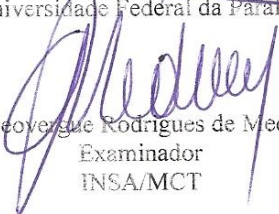
**ORIENTADOR:** Alberício Pereira de Andrade


JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

  
Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba

  
Dr. Geovane Rodrigues de Medeiros  
Examinador  
INSA/MCT

  
Profª. Dra. Aline Mendes Ribeiro Rufino  
Examinador  
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 07 de março de 2018

## **BIOGRAFIA**

**Tafnes Bernardo Sales**, filha de Oscar Rodrigues Sales e Irene Bernardo de Oliveira Sales, nasceu na cidade de Fortaleza - CE em 21 de setembro de 1989. Em março de 2010, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, onde desenvolveu atividades de iniciação científica, extensão, além de ter realizado estágio na área de forragicultura em todo o período de graduação. Foi bolsista CNPq (ITI - A), Extensão, Monitoria de Projetos e Monitora da disciplina de Forragicultura. Realizou estágio supervisionado obrigatório na empresa Integral Agroindustrial LTDA (Unidade Feno Mix), localizada no Distrito de Irrigação do Baixo Assu (DIBA), no município de Alto do Rodrigues, Rio Grande do Norte nos meses de janeiro, fevereiro e julho de 2014. Em fevereiro de 2016 recebeu o título de Bacharel em Zootecnia. Em março de 2016, ingressou no curso de Pós- Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba – Campus Areia, concentrando seus estudos na área de forragicultura.

Aos meus pais, **Oscar e Irene,**

Por todo carinho, cuidado e amor incondicional.

Por todas as disciplinas e castigos que me fizeram ser o que sou hoje.

Por todo o investimento, por todo o sacrifício e barreiras enfrentadas para que eu tivesse  
acesso a melhor educação que eu poderia receber.

Por todo o suporte emocional nos momentos mais difíceis onde achei que não iria conseguir.

Por todo o incentivo, orações e palavras de consolo para que eu não desistisse do meu sonho.

Por viverem o meu sonho e muitas vezes desistirem dos seus para que o meu possa se tornar  
realidade.

Por todas as horas de ligações para que eu não me sentisse sozinha.

E por serem os melhores pais que qualquer pessoa poderia ter.

Amo vocês no mais profundo do meu ser.

Por isso, com todo meu amor,

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todo amor e cuidado, por cada milagre presenciado na minha vida durante esses anos, por cada providência e por toda a força e coragem dada a mim pra chegar onde cheguei. Não tenho palavras para agradecer Tua bondade Senhor.

A Universidade Federal da Paraíba por toda educação e estrutura cedida e a todos os professores e funcionários responsáveis pela minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a realização deste curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade por toda orientação e cuidado, sempre abrindo portas e mais portas para me transformar em uma profissional cada vez melhor e por todo o aprendizado durante esse período, o meu mais sincero obrigada.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA do município de Arcoverde e ao pesquisador Djalma Cordeiro pelo apoio ao projeto e fornecimento dos cladódios para a condução do experimento.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns por ter me cedido o espaço e os recursos necessários para realização da minha pesquisa.

Ao Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães pela orientação durante o meu período de experimento, por ter me acolhido em sua equipe de forma maravilhosa, por ter me dado apoio e força, sempre me incentivando a não desistir e por todo o aprendizado durante esse tempo. O meu mais sincero obrigada.

A Dra<sup>a</sup> Ana Lúcia Teodoro por ter me acolhido, me orientado, me aconselhado, por ter estado comigo nos bons e maus momentos, por ter me ajudado sempre, mesmo quando era muito difícil ou quando já estava longe, nunca mediu esforços para me ajudar. Parte da minha pesquisa, devo a você. Não tenho palavras para agradecer todo o carinho e cuidado.

Ao Prof. Dr. Divan Soares da Silva e ao Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros por toda orientação e cuidado e por terem mediado o meu processo seletivo e de matrícula, quando muitas vezes a distância foi uma barreira, meu muito obrigada.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Aline Mendes Ribeiro Rufino por todas as correções e ensinamentos no decorrer do meu mestrado, que contribuíram de forma relevante para o meu aprendizado.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a este trabalho.

A Equipe Lavoura Xerófila por sempre estarem presentes e dispostos a me ajudar mesmo quando a distância era um obstáculo, em especial a Leandro que me ajudou na parte escrita, Jani e Ribamar que me ajudaram na parte escrita e me dando suporte em Areia quando era preciso e me dando apoio e incentivo e a Géssica, Italvan por todo apoio e ajuda.

A equipe de laboratório do prof. André (graduação) por toda a ajuda e cumplicidade durante esses longos meses, principalmente ao bolsista Daniel que abdicou de feriados e fins de semana para me ajudar sem se importar com a hora, não tenho palavras para agradecer.

Aos alunos de mestrado do PPGCAP Diana Valadares, Sâgara, Fábio, Raquel e Diego que não mediram esforços para me ajudar e me ensinar durante minha pesquisa, e em especial a Luciana e Elison que além de me ajudar e me ensinar ainda me acolheram em sua residência no final do meu mestrado de forma que jamais vou esquecer. Todas as palavras não seriam o bastante para agradecer.

A minha amiga irmã Raiza Silveira, por fazer parte da minha vida, por dedicar seu tempo a me ajudar desde o início da graduação até o mestrado. Por todas as noites não dormidas, feriados e fins de semana sem lazer, por muitas vezes deixar de estudar para me ajudar em todas as minhas dificuldades. Meu título de zootecnista e meu mestrado em parte devo a você e a sua paciência e cuidado. Amo você.

Aos meus companheiros da UFC, Theyson, Érica, Gleyson, Rafael e Walysson obrigada por toda cumplicidade e apoio durante esses anos, por sempre estarem comigo em todas as minhas aventuras acadêmicas e sempre estarem dispostos a me ajudar mesmo com a distância, amo vocês.

A todos que contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	12
ABSTRACT .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. Origem e importância da palma forrageira.....	18
2.2. Qualidade da palma forrageira no contexto da alimentação animal .....	20
2.2.1. Composição químico – bromatológica .....	22
2.2.2. Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	25
2.2.3. Produção de gases.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5. CONCLUSÃO .....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## LISTA DE TABELAS

Página

<b>Tabela 1.</b> Composição químico-bromatológica de diferentes genótipos de palma forrageira.....	20
<b>Tabela 2.</b> Genótipos de palma forrageira.....	26
<b>Tabela 3.</b> Composição químico – bromatológica de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.....	35
<b>Tabela 4.</b> Compostos fibrosos de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos. ....	38
<b>Tabela 5.</b> Concentrações de CHOT e CNF, e das frações dos carboidratos de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.....	41
<b>Tabela 6.</b> Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca e matéria orgânica de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.....	42
<b>Tabela 7.</b> Cinética de produção de gás <i>in vitro</i> de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.....	45

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Palma F-24.....	27
<b>Figura 2.</b> Palma Copena F-1.....	27
<b>Figura 3.</b> Palma Redonda.....	28
<b>Figura 4.</b> Palma Orelha de onça.....	28
<b>Figura 5.</b> Cladódio jovem.....	29
<b>Figura 6.</b> Cladódio intermediário.....	29
<b>Figura 7.</b> Cladódio maduro.....	30
<b>Figura 8.</b> Curvas de produção de gás <i>in vitro</i> dos genótipos de palma forrageira.....	46

## RESUMO

SALES, T. B. **Composição químico-bromatológica, digestibilidade e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.** (Dissertação - Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB.

Orientador: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade.

**Resumo:** Objetivou-se com este estudo avaliar a composição químico – bromatológica, a digestibilidade e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos. Foram avaliados três genótipos de palma forrageira do gênero *Opuntia* (IPA- 200024, IPA- 10002 e IPA- 20001) e um genótipo do gênero *Nopalea* (IPA- 200206), com delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema fatorial 4 x 3, que correspondem a 4 genótipos e 3 estádios fenológicos, com 4 repetições. Realizou-se a coleta na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA, localizado no município de Arcoverde – Pernambuco. Selecionou-se quatro plantas de cada variedade e de cada planta foi realizada a seleção dos cladódios em diferentes estádios fenológicos (jovem, intermediário e maduro) e posteriormente realizadas as análises químico-bromatológicas, digestibilidade e produção de gases *in vitro*. Nas características químico-bromatológicas, não houve diferença ( $P>0,05$ ) na concentração de matéria seca (MS) em todas as variedades estudadas, havendo influência dos estádios fenológicos ( $P>0,05$ ) apenas para o genótipo Copena F1, nas concentrações de proteína bruta (PB), as variedades F24 e Orelha de Onça diferiram ( $P<0,05$ ) entre si, com teores de 60,3 e 34,4 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. O restante das variáveis diferiram ( $P<0,05$ ) somente no estágio jovem. Nas características dos compostos fibrosos, observou-se diferença ( $P<0,05$ ) na concentração de fibra em detergente neutro (FDN) em todas as variedades estudadas, não havendo influência dos estádios fenológicos ( $P>0,05$ ) apenas para o genótipo F24. Na concentração da fibra em detergente ácido (FDA) Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) apenas a variedade Orelha de Onça, sendo o menor valor observado no estágio jovem com 96,9 g kg<sup>-1</sup> MS. Nas concentrações da lignina digerida em ácido (LDA) e da pectina (PEC), o genótipo Orelha de Onça apresentou o menor valor no estágio jovem com 3,1 g kg<sup>-1</sup> MS e maior valor no estágio intermediário com 181,7 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. Nas concentrações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) observou-se diferença ( $P<0,05$ ) somente no estágio maduro para HEM e estádios jovem e intermediário para CEL. Nas características dos carboidratos, o genótipo Orelha de Onça teve maior concentração dos carboidratos não fibrosos (CNF) com

702,9 g kg<sup>-1</sup> e na fração B2 a menor concentração com 150 g kg<sup>-1</sup>, todos no estágio jovem. No restante das variáveis houve diferença (P<0,05) entre os genótipos estudados. Nas características da digestibilidade houve diferença (P<0,05) entre os genótipos, e os estádios fenológicos só não influenciaram (P>0,05) o genótipo F24. Nas características da produção de gás, só não houve diferença (P>0,05) no parâmetro da taxa de degradação (A+B1), sendo os maiores volumes de produção de gás total (Vt<sub>1</sub>) observado para o genótipo Orelha de Onça com 333,86 mL g<sup>-1</sup> MS. Dentre os genótipos, a Orelha de Onça foi a que menos se destacou quanto aos CF e PEC, tendo se destacado pelos CNF, que influenciaram na cinética de produção de gás *in vitro*, demonstrando maior disponibilidade de nutrientes no rúmen. Os estádios fenológicos dos genótipos de palma forrageira não influenciaram a digestibilidade *in vitro* da MS.

**Palavras-chave:** cactácea, fracionamento de carboidratos, semiárido.

## ABSTRACT

SALES, T. B. **Chemical composition, digestibility and in vitro gas production of forage palm of the genus *Opuntia* and *Nopalea* in different phenological stages.** (Dissertation - Master's Degree in Animal Science), Graduate Program in Animal Science, UFPB, Areia-PB. Advisor: Dr. Albericio Pereira de Andrade.

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate the chemical composition, digestibility and in vitro gas production of forage palm of the genus *Opuntia* and *Nopalea* in different phenological stages. Three genotypes of forage palm of the genus *Opuntia* (IPA-200024, IPA-10002 and IPA-20001) and one genotype of the genus *Nopalea* (IPA-200206) were evaluated, in a completely randomized experimental design and a 4 x 3 factorial scheme, corresponding to 4 genotypes and 3 phenological stages, with 4 replicates. The study was carried out at the Experimental Station of the Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA, located in the county of Arcoverde - Pernambuco. Four plants of each variety were selected and the selection of cladodes in different phenological stages (young, intermediate and mature) was carried out, followed by chemical analyzes, digestibility and in vitro gas production. There were no differences ( $P>0.05$ ) in the dry matter (DM) content in all varieties studied, with phenological stages influencing ( $P>0.05$ ) only the genotype Copena F1, in the content of crude protein (CP). F24 and Orelha de Onça differed with each other ( $P<0.05$ ), with levels of 60.3 and 34.4 g kg<sup>-1</sup> MS respectively. The other variables differ ( $P<0.05$ ) only at the young stage. In the fibrous compounds, there was a difference ( $P<0.05$ ) in the content of neutral detergent fiber (NDF) in all varieties with no influence of phenological stages ( $P>0.05$ ) only for the genotype F24. The phenological stages influenced ( $P<0.05$ ) on content of acid detergent fiber (ADF) only the Orelha de Onça variety, and the lowest value was observed at the young stage with 96.9 g kg<sup>-1</sup> MS. The content of acid-digested lignin (ADL) and pectin (PEC), the Orelha de Onça genus presented the smallest value at the young stage with 3.1 g kg<sup>-1</sup> MS and higher intermediate value at 181.7 g kg<sup>-1</sup> MS respectively. Was observed a difference ( $P<0.05$ ) on the content of hemicellulose (HEM) and cellulose (CEL) only in the mature stage for HEM and young and intermediate stages for CEL. The Orelha de Onça genus had a higher concentration of non-fibrous carbohydrates (NFC) with 702.9 g kg<sup>-1</sup> and in fraction B2 the lowest concentration was 150 g kg<sup>-1</sup>, all at the young stage. In the others variables there was difference ( $P<0.05$ ) among the studied genotypes. In the digestibility parameters there was a difference ( $P<0.05$ ) between the genotypes and the phenological stages ( $P>0.05$ ). The phenological stages influenced all the genotypes except

F24. In the gas production characteristics, there was no difference ( $P > 0.05$ ) in the degradation rate parameter ( $A + B1$ ), with the highest volumes of total gas production ( $V_{t1}$ ) observed for Orelha de Onça genotype  $333.86 \text{ mL g}^{-1} \text{ MS}$ . Among the genotypes, Orelha of Onça was the one that was less prominent in relation to FC and PEC, and stood out by the NFC, which influenced the kinetics of in vitro gas production, showing a greater availability of nutrients in the rumen. The phenological stages of forage palm genotypes did not influence DM in vitro digestibility.

**Keywords:** cactaceae, carbohydrate fractionation, semiarid.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas regiões Semiáridas do Brasil, a má distribuição e a irregularidade pluvial, acompanhadas de altas temperaturas, afetam o setor agropecuário, pois prejudica o desenvolvimento das plantas forrageiras, acarretando na diminuição da oferta alimentar para os animais (MARQUES *et al.*, 2017).

Uma das formas de se obter sucesso com a pecuária nas condições de semiárido é a utilização de forrageiras xerófilas, já que essas plantas podem alcançar um bom desempenho, mesmo com os problemas edafoclimáticos enfrentados todos os anos, principalmente a falta de água (DUBEUX JR. *et al.*, 2012; CÂNDIDO *et al.*, 2013).

Dentre as forrageiras adaptadas as regiões Semiáridas, destaca-se a palma, que possui alta eficiência na utilização da água (eficiência na absorção aproveitamento e perda, quando comparada às plantas de metabolismo C3 e C4), elevada capacidade produtiva de biomassa (FARIAS *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2006), além de possuir adaptação às condições edafoclimáticas da região em virtude de adaptações morfológicas e fisiológicas, como o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que permitem seu crescimento e desenvolvimento nas regiões semiáridas (SANTOS *et al.*, 2013).

Trata-se de uma forrageira com altas concentrações de carboidratos solúveis e de alta digestibilidade, possui alto valor energético, rica em água e mucilagem, apresentando boa aceitabilidade, o que possibilita o consumo pelos animais, além de ser um alimento verde que supre grande parte das necessidades de água no período de escassez (WANDERLEY *et al.* 2002; DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2010; ALMEIDA, 2012).

A palma compreende as plantas de diversas espécies dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, ambas da família Cactácea. Esses gêneros são os mais importantes, pois neles se encontram as principais espécies associadas às alimentações humana e animal (FROTA *et al.*, 2015). Dentre os gêneros desta família, estes, são provavelmente os que obtiveram maior sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação (REYES-AGUERO *et al.*, 2005; FROTA *et al.*, 2015).

Devido à palma forrageira apresentar um grande potencial para a região semiárida e, em alguns períodos do ano, ser a única fonte de alimento para os ruminantes, a determinação do valor nutricional desta forrageira torna-se de fundamental importância, para que se possa por meio da seleção de espécies ou de genótipos, melhorar os índices produtivos (CABRAL *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2001; DETMANN *et al.*, 2009; MUNIZ *et al.* 2011). Uma das



formas de se obter o valor nutricional das plantas forrageiras é através da composição químico-bromatológica, que possui grande importância na análise qualitativa da forragem, uma vez que estas variáveis podem influenciar de maneira direta ou indireta o consumo voluntário de matéria seca e consequentemente, na produção animal (VAN SOEST, 1994; CECATO, 2004).

Outra forma é a avaliação dos parâmetros digestivos dos alimentos, que pode ser realizada por meio de métodos *in vitro*, os quais são rápidos e apresentam uniformidade físico-química do microambiente de fermentação no qual os alimentos são submetidos (MALAFAIA, 1997; MODESTO, 2004). Vários métodos têm sido desenvolvidos com este propósito, entre eles, o método da digestibilidade *in vitro*, proposto por Tilley e Terry (1963) e o método da produção de gás *in vitro* que permite a estimativa de parâmetros da cinética digestiva ruminal dos carboidratos, tanto fibrosos como não-fibrosos (SCHOFIELD *et al.*, 1994; SCHOFIELD e PELL, 1995).

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar a composição químico – bromatológica, a digestibilidade e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A região Semiárida do Nordeste brasileiro compreende uma área de 982.563,3 km<sup>2</sup>, com precipitação média anual de 800 mm e temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C. Essa região é caracterizada por apresentar temperaturas relativamente altas, além de altas taxas de radiação solar e um período chuvoso bastante diferenciado das demais regiões do país, já que há uma grande irregularidade na intensidade e distribuição da precipitação pluvial, marcada por um curto período de três a quatro meses. (SILVA, *et al.*, 2010).

Esta região tem como característica uma grande diversidade de recursos naturais. No entanto, é comum se ter um rebanho com baixa produtividade. Em parte, isso ocorre devido à irregularidade das chuvas, o que compromete a qualidade e disponibilidade da forragem, além de um manejo inadequado (LEITE *et al.*, 2014).

A Caatinga é a vegetação predominante na região semiárida do Nordeste, chegando a participar em até 90% da dieta de caprinos e ovinos (GONZAGA NETO *et al.*, 2001). Essa vegetação é constituída de três estratos distintos: arbóreo, arbustivo e herbáceo. Mesmo a

predominância sendo das plantas caducifólias, que tem como característica a perda de folhas entre o final da estação chuvosa e o início da estação seca, a massa de forragem pode ser composta por cactáceas, bromeliáceas, gramíneas e dicotiledôneas (PEREIRA FILHO & BAKKE, 2010).

No caso das cactáceas, estas fazem parte de um grupo de plantas bem diverso que tem como grande característica, o seu bom desenvolvimento em vários tipos de habitat, destacando-se a palma forrageira (ALVES *et al.*, 2008),

## **2.1. Origem e importância da palma forrageira**

A palma forrageira é uma planta pertencente à Divisão: *Embryophyta*, Sub-divisão: *Angiospermea*, Classe: *Dicotyledoneae*, Sub-classe: *Archiclamideae*, Ordem: *Opuntiales* e Família: *Cactaceae*, na qual existem 178 gêneros e em média, 2.000 espécies conhecidas até o momento. Desses 178 gêneros, *Opuntia* e *Nopalea* são os mais utilizados como forrageiras (SILVA & SANTOS, 2007).

Originada no México, pode ser encontrada em praticamente todos os continentes (ALMEIDA, 2012). Acredita-se que sua introdução no Brasil ocorreu por volta de 1877, com a finalidade de abrigar o inseto cochonilha-do-carmim (*Dactylopius coccus* Costa) que é o responsável por produzir o ácido carmínico, utilizado como corante E-120 nas indústrias (FROTA *et al.*, 2015). Nos primeiros vinte anos do século 20, os produtores de palma perceberam que ela era muito resistente à seca e nesses períodos de estiagem havia uma grande aceitabilidade dos animais, passando a ser cultivada para fins forrageiros em meados de 1932 (SUASSUNA, 2013).

Na região Nordeste do Brasil, as variedades mais utilizadas são a Redonda, Gigante e Miúda. Nos últimos anos, outras variedades tem sido geradas ou introduzidas pelo Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, com o objetivo de obter clones mais produtivos, de melhor valor nutritivo e com resistência a pragas e doenças (CAVALCANTI *et al.*, 2008). Como exemplo dos clones estudados, tem-se a F24, F8 (*Opuntia atropes* Rose), Copena F1 (*Opuntia ficus – indica*) F21 (*Nopalea* sp.) e Orelha de Onça (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck).

Esta forrageira é bastante adaptada ao clima semiárido, devido ao seu mecanismo fisiológico que auxilia no aproveitamento da água, evitando assim a sua perda (MORAIS E

VASCONCELOS, 2010). É uma planta xerófila, suculenta e apresenta uma fisiologia que tem como característica o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC) (FARIAS *et al.*, 2000), além de ter elevado potencial de produção de fitomassa nas condições ambientais do semiárido (MORAIS E VASCONCELOS, 2010).

As plantas MAC tem sido consideradas por muitos como a solução para as regiões Áridas e Semiáridas, devido ao fato delas abrirem seus estômatos durante a noite, evitando assim uma grande perda de água, ao mesmo tempo em que o CO<sub>2</sub> é fixado por meio do ácido málico, já durante o dia, esses estômatos são fechados para reduzir a perda de água e o CO<sub>2</sub> que foi fixado durante a noite, é então utilizado para realização da fotossíntese sob as elevadas taxas de radiação solar (TAIZ & ZEIGER, 2006).

A palma forrageira apresenta raízes finas que ficam próximas da camada superficial do solo. Essas raízes são localizadas dessa forma, devido ao processo de adaptação dessa planta para que assim pudesse absorver o máximo possível de água, desde chuvas leves até o orvalho, sendo bem vantajoso o seu uso em regiões onde as chuvas são mais escassas (SAMPAIO, 2005).

A palma pode ser considerada como uma cultura nobre se manejada adequadamente e quando é feita a escolha do gênero ideal para cada região. O corte deve ser feito se possível anualmente, para manter-se sempre sadia e manter assim seu padrão de qualidade como ração (SUASSUNA, 2013).

Estima-se que no Brasil há aproximadamente 600.000 ha de palma cultivados. No entanto, mesmo com os recentes esforços do governo para diversificar o uso dessa cultura, a maioria das áreas plantadas, ainda são dedicadas a produção de outras forrageiras (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2013).

É uma cultura que quando cultivada em condições de sequeiro, pode sofrer modificações no seu crescimento e desenvolvimento, devido a alterações sazonais e interanuais do ambiente. Muitas espécies de palma pertencentes ao mesmo gênero apresentem respostas diferentes devido a essas alterações (SILVA *et al.*, 2015).

A produção de fitomassa da palma pode ter variações por diversos fatores, como condições edafoclimáticas, experiência e escolaridade do produtor, disponibilidade de mão de obra, assistência técnica qualificada, dinheiro para investir, idade da planta, genótipo e mecanização. Todos esses fatores podem influenciar na produção e consequentemente no retorno que essa forrageira possa oferecer (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2009).

No México, a palma tem sido usada como ingrediente para fabricação de blocos multinutricionais, juntamente com ingredientes proteicos, nitrogênio não proteico, forragens de alta qualidade, entre outros. Esses blocos tem sido usados para suplementação do gado a pasto, tendo como vantagem não precisar de comedouros, além de poder ser ofertado ao gado de forma adequada tanto no pasto como no curral (HARO *et al.*, 2011).

Devido ao seu baixo teor de matéria seca, os animais que são alimentados por essa cultura tendem a diminuir o consumo de água, o que favorece a produção nos períodos de déficit hídrico. Alguns autores observaram que o consumo de água via bebedouro, diminuiu linearmente (70 a 90%) à medida que os níveis de palma na dieta aumentavam (BISPO *et al.*, 2007; Abidi *et al.*, 2009; Dubeux Júnior *et al.*, 2013).

## **2.2. Qualidade da palma forrageira no contexto da alimentação animal**

As principais características nutricionais da palma forrageira são seus elevados teores de água, minerais, carboidratos solúveis, vitaminas e elevada digestibilidade (Gomes, 2011), devido a essas características, a palma possui grande potencial para alimentação animal, não só nos períodos de déficit hídrico, mas durante todo o ano. Esses carboidratos solúveis favorecem o aumento do consumo de alimentos pelos animais, uma vez que estes são rapidamente fermentados no rúmen, melhorando o aporte de energia (WANDERLEY *et al.* 2002).

Apesar da necessidade de associar a palma forrageira com fontes de fibra efetiva, devido ao seu baixo teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido quando comparada a outros volumosos, na prática, a forma mais comum de se fornecer essa forrageira é picada e fornecida diretamente no cocho, sem ser misturado a qualquer outro alimento. Todavia, a melhor maneira de fornecimento deve ser na forma de mistura completa, onde as fontes de fibra (silagens, feno, etc), proteína e a palma serão oferecidas juntas, proporcionando consumo adequado de nutrientes, sem comprometer o desempenho e a composição do leite (NEVES *et al.*, 2010).

De acordo com Van Soest *et al.* (1991), o tipo e a quantidade dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos afetam a fermentação e a eficiência microbiana. Devido a isso, deve-se levar em consideração a interação entre a fibra e os carboidratos não fibrosos. Essa interação irá promover uma adequada fermentação ruminal, devido efetividade física da fibra que irá promover maior mastigação e ruminação, garantindo um melhor funcionamento do rúmen e

produção e teor de gordura do leite adequados (WOODFORD *et al.*, 1986; ALLEN, 1997; ARMENTANO & PEREIRA, 1997; WANDERLEY *et al.* 2002).

A palma forrageira se destaca pela maior taxa de digestão em função de ser um alimento rico em carboidratos não estruturais. Esta é uma característica importante dessa planta, pois diferentemente de outras forragens, apresenta alta taxa de digestão ruminal, sendo a MS degradada extensa e rapidamente favorecendo uma maior taxa de passagem e, conseqüentemente, consumo semelhante ao dos concentrados (MUNIZ, 2011).

Wanderley *et al.* (2002) avaliaram o desempenho (consumo de nutrientes, produção de leite sem e com correção a 3,5% de gordura, teor de gordura do leite e conversão alimentar) de vacas em lactação, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de palma forrageira, em substituição à silagem de sorgo. Ao final do estudo, foi possível obter boas produções de leite, manter a gordura do leite em níveis normais e melhorar a conversão alimentar e consumo adequado de nutrientes, para as condições de Agreste Pernambucano, associando-se palma com silagem de sorgo forrageiro.

Avaliando o desempenho de vacas mestiças 5/8 holando-zebu, alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira, associadas com silagem de restolho de milho doce, Santos *et al.* (2001) observaram que os cultivares de palma não diferiram quanto ao consumo *in natura* quando fornecidas em associação com silagem de milho. Também não foram observadas diferenças no leite produzido, leite corrigido para 4% de gordura e a relação entre o consumo de matéria seca para o leite produzido.

Avaliando os efeitos da substituição parcial do feno de capim-elefante pela palma forrageira sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais em ovinos, Bispo *et al.* (2007) observaram que o uso de até 56,0% de palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante aumenta a ingestão e melhora o aproveitamento dos nutrientes em dietas para ovinos.

Cavalcante *et al.* (2008) avaliando o consumo e o comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma Gigante e palma Orelha de elefante, observaram que os consumos de MS, EE, FDA, CHOT e CNF foram menores quando os animais receberam palma Orelha-de-elefante. Verificou-se ainda que não houve efeito da variedade de palma, da espécie animal e da interação espécie animal x variedade de palma sobre o tempo gasto com

alimentação e eficiência da alimentação e que o tempo gasto com ruminação foi maior para a dieta com palma gigante.

Sousa *et al.* (2005) avaliaram os efeitos das variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo de vacas holandesas no terço médio da lactação, alimentadas com dietas à base de palma forrageira em diferentes formas de fornecimento e observaram que o fornecimento de palma e silagem misturados promovem maior tempo de ruminação e mastigação. Quando a palma e o concentrado foram fornecidos em mistura, promoveram um menor consumo de fibra, com consequente diminuição do tempo de ruminação e mastigação, e consequentemente maior eficiência de ruminação. Em virtude disso, concluíram que a palma forrageira constitui uma alternativa alimentar para vacas leiteiras, sempre que a mesma não seja fornecida como única fonte de volumoso, mas sim associada a outros ingredientes fibrosos, propiciando adequada relação de fibra na ração.

### **2.2.1. Composição químico – bromatológica**

A palma forrageira é um alimento rico em carboidratos, sobretudo carboidratos não-fibrosos (CNF), apresenta altos teores de cinzas, água, vitaminas, alta digestibilidade, além de ter alta aceitabilidade, aspectos importantes que devem ser levados em consideração quando utilizado na alimentação dos animais (LIRA *et al.*, 2011). Devido ao fato de possuir alta concentração de carboidratos solúveis, é muito importante o seu fracionamento para o balanceamento das rações (SNIFFEN *et al.*, 1992; WANDERLEY *et al.*, 2002).

A importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes é baseada na classificação das bactérias ruminais em função da utilização de carboidratos que compõem a parede celular vegetal e daqueles que fazem parte da parede celular com função não estrutural. A caracterização dessas frações e a determinação das taxas de degradação de cada fração são mecanismos valiosos para formulação de rações, visando à maximização do crescimento microbiano do rúmen e consequentemente, melhor desempenho animal (MUNIZ *et al.* 2011).

Sua composição químico-bromatológica pode ter muitas variações, conforme a variedade, idade da planta, gênero, época do ano, clima, manejo de adubação e espaçamento de plantio (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2010). Vários autores têm comprovado a variabilidade da composição da palma forrageira independente da variedade e do gênero (Tabela 1)

Tabela 1: Composição químico-bromatológica de diferentes variedades de palma forrageira (g kg<sup>-1</sup>).

Variedade	Gênero	MS	MM	MO	PB	EE	FDN	FDA	CHOT	CNF	LDA	Autor
Miúda	<i>Nopalea</i>	102,8	-	873,8	54,8	22,2	373,2	126,2	796,8	796,8	-	Torres <i>et al.</i> , 2009
Miúda	<i>Nopalea</i>	77,6	-	824,8	43,1	30,9	328,1	199,7	-	-	-	Cavalcante <i>et al.</i> , 2014
Miúda	<i>Nopalea</i>	115	-	-	90	-	232	-	-	-	-	Moura, 2012
Miúda	<i>Nopalea</i>	187	81	919	33	20	241	148	660	439	13	Batista <i>et al.</i> , 2009
Miúda	<i>Nopalea</i>	120	186	814	62	21	269	160	731	474	14	Batista <i>et al.</i> , 2003a
Miúda	<i>Nopalea</i>	192,7	106,8	893,2	40	14,4	201	142,8	838,8	650,1	35,8	Souza, 2014
IPA Sertânia	<i>Nopalea</i>	102	-	-	63	-	204	-	-	-	-	Moura, 2012
IPA Sertânia	<i>Nopalea</i>	134	137	863	20	34	177	90	-	-	-	Moraes, 2012
IPA Sertânia	<i>Nopalea</i>	74	185	815	59	16	236	140	740	504	15	Rocha Filho, 2012
Gigante	<i>Opuntia</i>	107	-	858	50,9	20,0	254	220	786	532	-	Melo <i>et al.</i> , 2003
Gigante	<i>Opuntia</i>	63,7	-	840,7	54,2	29,8	283,0	209,3	-	-	-	Cavalcante <i>et al.</i> , 2014
Gigante	<i>Opuntia</i>	153	81	919	44	24	248	179	625	398	13	Batista <i>et al.</i> , 2009
Gigante	<i>Opuntia</i>	144	146	854	64	19	281	173	771	500	14	Batista <i>et al.</i> , 2003a
Orelha Elefante Mex.	<i>Opuntia</i>	95	-	-	95	-	227	-	-	-	-	Moura, 2012
Orelha Elefante Mex.	<i>Opuntia</i>	90	130	870	61	36	240	107	-	-	-	Moraes, 2012
Orelha Elefante Mex.	<i>Opuntia</i>	77	141	859	69	19	262	139	771	509	29	Rocha Filho, 2012
Orelha Elefante Mex.	<i>Opuntia</i>	159	159,9	840	74,3	8,7	-	139	756,9	602	-	Silva, 2016
F8	<i>Opuntia</i>	106	81	-	42	17	-	-	-	-	-	Alves, 2015
F8	<i>Opuntia</i>	102	109	-	-	-	292	144	-	-	-	Moura, 2012
Copena F1	<i>Opuntia</i>	67	290	-	98	-	223	144	-	-	14	Santos-Haliscak <i>et al.</i> , 2016
Redonda	<i>Opuntia</i>	60,7	-	822,5	52,1	32	270,5	193,2	-	-	-	Cavalcante <i>et al.</i> , 2014

MS = matéria seca, MM = matéria mineral, MO = matéria orgânica, PB = Proteína Bruta, EE = Extrato Etéreo, FDN = fibra detergente em neutro, FDA = fibra em detergente ácido, CHOT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, LDA = lignina digerida em ácido.

Independentemente dos genótipos pertencerem ao gênero *Opuntia* ou ao gênero *Nopalea*, a palma apresenta em média, teores de matéria seca de (61 a 171 g kg<sup>-1</sup> de MN), proteína bruta (29 a 60 g kg<sup>-1</sup> de MS), fibra em detergente neutro (201 a 328 g kg<sup>-1</sup> de MS), fibra em detergente ácido (95 a 225 g kg<sup>-1</sup> de MS) carboidratos totais (738 a 852 g kg<sup>-1</sup> de MS), carboidratos não fibrosos (423 a 650 g kg<sup>-1</sup>) e minerais (81 a 177 g kg<sup>-1</sup>) (FROTA *et al.*, 2015).

Torres *et al.* (2009) avaliaram a substituição de palma Gigante por palma Miúda em dietas para bovinos em crescimento, verificaram que a composição das variedades foram aproximados. A palma Miúda apresentou 102,8 g kg<sup>-1</sup> de MS, 126,2 g kg<sup>-1</sup> de MM, 54,8 g kg<sup>-1</sup> de PB, 22,2 g kg<sup>-1</sup> de EE, 373,2 g kg<sup>-1</sup> de FDN, 201,6 g kg<sup>-1</sup> de FDA, 796,8 g kg<sup>-1</sup> de CHT e 423,6 g kg<sup>-1</sup> para CNF. Para palma Gigante observou-se 99,3 g kg<sup>-1</sup> de MS, 96,7 g kg<sup>-1</sup> de MM, 40,1 g kg<sup>-1</sup> de PB, 25,4 g kg<sup>-1</sup> de EE, 364,7 g kg<sup>-1</sup> de FDN, 168,7 g kg<sup>-1</sup> de FDA, 837,8 g kg<sup>-1</sup> de CHT e 473,1 g kg<sup>-1</sup> para CNF. Com base nos dados obtidos, concluíram que a palma Miúda pode substituir integralmente a palma Gigante em dietas para bovinos em crescimento, pois não altera o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes.

A composição bromatológica também foi avaliada por Teixeira *et al.* (1999) em palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*), sob diferentes cortes (na base, primeiro, segundo, terceiro e quarto cladódio) e observaram que os teores de PB e MM aumentam e já os teores de MO e CHO diminuíram a medida que a ordem do cladódio aumentou. Com base nos resultados obtidos e nas condições do experimento, foi concluído que a degradabilidade efetiva da MS, PB, FDN e FDA dos cortes das raquetes, principalmente o quarto, apresentaram, no geral, valores superiores ao corte da base da palma forrageira.

Em estudo conduzido por Batista *et al.* (2009), os autores avaliaram a composição de oito genótipos de palma (Gigante, Miúda, Chile 1317, Algeria 1267, IPA-20, IPA-90-92, IPA-90-155 e Additional 1258), e constataram que os teores de FDN não diferiram (248,75 g kg<sup>-1</sup>), os teores de PB foram inferiores a 45 g kg<sup>-1</sup> e os teores de FDA foram em média de 28,5%. Portanto, os resultados mostraram que as cultivares tiveram efeitos mínimos na composição química. Devido a sua baixa concentração de fibra e moderadas concentrações de amido e carboidratos solúveis em água, os autores concluíram que a palma pode ser considerada uma boa fonte de CNF prontamente fermentáveis.

Quanto aos valores de energia, Tosto *et al.* (2007) mostram uma estimativa dos valores de energia para a palma forrageira de 61,84% de nutrientes digestíveis totais; 2,65



Mcal/kg de energia digestível; 2,23 Mcal.kg<sup>-1</sup> de energia metabolizável; 1,36 Mcal.kg<sup>-1</sup> de energia líquida de manutenção e 0,79 Mcal.kg<sup>-1</sup> de produção. Com isso, concluíram que a palma forrageira é uma fonte energética de grande potencialidade para a nutrição de ruminantes, principalmente, no Nordeste brasileiro.

Os teores de carboidratos foram avaliados por Ribeiro *et al.* (2010) nos cladódios das variedades Gigante, Redonda, IPA-20 e Copena F1 e observaram diferenças, tanto no período chuvoso como no período seco, nos cladódios jovens (seco: 11,56 a 15,25 g mL<sup>-1</sup> e chuvoso: 13,80 a 15,80 g mL<sup>-1</sup>) e velhos (seco: 21,58 a 29,04 g mL<sup>-1</sup> e chuvoso: 15,32 a 24,11 g mL<sup>-1</sup>). Com base nos dados estudados, concluíram que o cladódio terciário, assim como os cladódios da estação seca, apresentaram o maior teor de carboidratos, indicando que as palmas desta estação possuem maior valor energético.

Batista *et al.* (2003a) também avaliaram as concentrações de carboidratos. Foram utilizadas as variedades Gigante, Miúda e IPA-20 e observaram que não houve diferença significativa na concentração de carboidratos entre as variedades, sendo 771, 731 e 751 g kg<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. Já na fração de rápida degradação, os valores encontrados foram de 328, 301, e 320 g/kg CHOT respectivamente. Através dos resultados obtidos, os autores mostram que estudos de alimentação ainda são necessários para determinar o potencial de ingestão e utilização destas variedades para ruminantes.

### **2.2.2. Digestibilidade *in vitro***

O valor nutricional dos alimentos é determinado por interações entre os nutrientes e os microrganismos ruminais nos processos de digestão, absorção, transporte e utilização de metabólitos (MARTINS *et al.*, 2000). Uma parte dessas informações é obtida através de estudos de digestibilidade (RODRIGUES, 1998). Existem vários fatores que podem influenciar a digestão dos alimentos, como composição dos alimentos e das dietas, preparo e forma de fornecimento da ração, taxa de degradabilidade, relação proteína:energia e fatores inerentes ao animal (VAN SOEST, 1994).

A degradação da palma é considerada alta, pois é feita uma estimativa de degradabilidade de todos os compostos que são possíveis de degradação. Dentre esses compostos, os teores elevados de carboidratos não fibrosos (CNF) e o baixo teor de lignina, contribuem para a elevação da taxa de degradação da fração lentamente degradável da MS (BATISTA *et al.*, 2009), pois os CNF são rapidamente degradados no rúmen, aumentando a

energia, o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a digestão (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

A palma forrageira se destaca pela maior taxa de digestão em função de ser um alimento rico em carboidratos não estruturais. Segundo Silva *et al.* (1997), esta é uma característica importante dessa planta, pois diferentemente de outras forragens, apresenta alta taxa de digestão ruminal, sendo a MS degradada extensa e rapidamente, favorecendo maior taxa de passagem e por consequência, consumo semelhante ao dos concentrados.

Silva (2016) avaliando as variedades Gigante, Orelha de elefante Mexicana (*Opuntia*), Miúda e IPA-Sertânia (*Nopalea*), observou que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi próxima para todas as variedades (818,18 g kg<sup>-1</sup> MS) e a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) obteve maiores valores nas variedades do gênero *Nopalea*, sendo 778,1 g kg<sup>-1</sup> MS para a Miúda e 814,9 g kg<sup>-1</sup> MS para a IPA Sertânia. Cavalcante *et al.* (2014) avaliando as variedades Redonda, Gigante e Miúda observaram valores de DIVMS de 551, 526 e 581 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente.

Cavalcante *et al.* (2014) trabalhando com três variedades de palma forrageira, Miúda, Gigante e Redonda em diferentes densidades de cultivo (10.000, 20.000, 40.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>) observaram que a digestibilidade *in vitro* foi maior para a Miúda devido aos menores teores de lignina. Segundo Wanderley *et al.* (2012) a lignina possui baixa ou nula digestibilidade, influenciando os valores da digestibilidade da MS, FDN, celulose e hemicelulose.

Del Razo *et al.* (2015), realizando análise comparativa de *Opuntia* spp., feno de alfafa e feno de aveia, verificaram que a palma apresentou a maior DIVMS com 73,6%. Devido aos resultados, os autores sugeriram que os cladódios de palma podem substituir o feno de alfafa e aveia na alimentação dos ruminantes, sem comprometer o desempenho desses animais.

Pinos-Rodríguez *et al.* (2010) encontraram valores próximos de DIVMS com 73-75%, para palmas com 45 a 60 dias de idade o que pode ser atribuído aos altos níveis de pectina, os quais geraram uma maior produção de acetato. Esse estudo forneceu evidências de que a qualidade da palma forrageira irrigada, como alimento para ruminantes é comparável à forrageiras convencionais, como o milho. A produção ótima de matéria seca e proteína por área foi alcançada com uma idade de 70 dias. Ao contrário da maioria dos estudos, os cladódios da palma, cultivados sob irrigação e fertilização, continham altos níveis de PB.

Contudo, mais estudos são necessários para avaliar a qualidade protéica de palma forrageira produzida intensivamente.

Santos-Haliscak *et al.* (2016) compararam a digestibilidade *in vitro* de genótipos de palma Forrajero Mina e Copena-F1 sob três níveis de adubação orgânica: 0, 1,5 e 3,0% durante as quatro estações do ano e observaram que a DIVMS não diferenciou entre as estações, já entre as variedades foi maior na variedade Forrajero Mina com 72% a 88%, já a Copena F1, os valores foram de 61% a 74% e com a adição da MO houve uma redução da digestibilidade de 75 para 70%. Este estudo demonstrou que a produção e a qualidade da palma forrageira podem ser melhoradas com fertilizantes orgânicos, como esterco bovino, e, em seguida, a palma nativa sem espinhos pode competir favoravelmente com variedades melhoradas com espinhos como suplemento alimentar para o gado.

### **2.2.3. Produção de gases**

A técnica de produção de gás *in vitro* está relacionada com a fermentação ruminal, diferentemente da digestibilidade que está relacionada ao trato gastrointestinal (WOLIN, 1960). Para obter a curva de degradação, a quantidade de gás que é produzida é medida em tempos já definidos (THEODOROU *et al.*, 1994). Essa técnica tem sido utilizada para mensurar o valor nutricional das plantas forragens como indicador de digestibilidade (BATISTA *et al.*, 2003a) sendo depende das proporções relativas das frações solúveis, insolúveis porém degradáveis e não degradáveis (GETACHEW *et al.*, 1998).

A fermentação ruminal é principalmente o resultado da atividade de bactérias, protozoários e fungos que habitam no rúmen, de modo que, a energia utilizada pelos microrganismos do rúmen é proveniente da fermentação dos carboidratos presentes no alimento, os quais são degradados até glicose e fermentados até ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato, butirato), CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (WOLIN, 1960), disponibilizando assim, energia. Essa energia é utilizada pelo ruminante para manter a vida, perpetuar a espécie, realizar trabalho, conduzir impulsos nervosos, produzir leite e carne, entre outros (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

A produção de gases é um indicador tanto de degradabilidade como da densidade de energia presente nos alimentos, variando em virtude da concentração de fibras, proteínas e do

teor de taninos, sendo que o tanino pode provocar uma redução na produção total de gás metano, consequentemente a perda de energia (CORDOVA-TORRES *et al.*, 2015).

Neste contexto, a técnica de produção de gás surgiu como uma alternativa para estudar a digestão de alimentos *in vitro* de acordo com o aparecimento de produtos gasosos. Na década de 80, os métodos de avaliação de alimentos forneciam apenas uma estimativa do potencial de digestibilidade com pouca menção à dinâmica da fermentação ruminal. A partir dessa necessidade, uma segunda geração dos métodos foi desenvolvida, incorporando estimativas da cinética de degradação que ocorre no espaço rúmen-retículo (VALENTIN *et al.*, 1999).

Batista *et al.* (2003a) compararam a produção de gás entre as variedades Gigante, IPA-20 e Miúda e observaram que a produção de gás foi maior na palma Gigante (210 ml g<sup>-1</sup> de MS) do que nas variedades Miúda (202 ml g<sup>-1</sup> de MS) e IPA-20 (195 ml g<sup>-1</sup> de MS). Já a taxa de produção de gás: 6,7% h<sup>-1</sup> e o lag time: 0,6 h foram semelhantes. Devido aos resultados, foi concluído que os altos volumes de produção de gás estão relacionados as altas concentrações de carboidratos não fibrosos presentes na palma. No entanto, mais estudos sobre alimentação são necessários para determinar o potencial de ingestão e utilização destas variedades para a alimentação dos ruminantes.

Del Razo *et al.* (2015) compararam a produção de gases de *Opuntia* spp., feno de alfafa e feno de aveia e averiguaram na palma um maior lag time com 9,5 h. O feno de alfafa e o feno de aveia obtiveram valores de 6,5 e 6,7 h respectivamente, que indica que os microrganismos do rúmen exigiram mais tempo para se adaptarem. As produções de gases da palma foram maiores com 256.0 ml g<sup>-1</sup> de MS e os fenos da alfafa e da aveia foram aproximados, com 219.6 e 232.3 ml g<sup>-1</sup> de MS respectivamente, devido aos carboidratos para fermentação. A taxa de produção de gases maior (4,4/h), indicaque após a hidrólise, a colonização microbiana foi rápida, principalmente entre 12 e 36 h após a incubação. A palma obteve o maior lag o que pode ser devido à camada serosa na cutícula da epiderme, constituindo em uma barreira à degradação microbiana.

Tosto *et al.* (2015) avaliaram a cinética de fermentação e produção de gases de dietas contendo níveis de feno de *Atriplex nummularia* Lindl (8,4; 18,8; 31,2 e 48,3%) associados com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), concluindo que o uso de 8,4% de feno e 74,9% de palma promoveu o potencial máximo de produção de gases com 296,7 ml g<sup>-1</sup> de MS devido à composição desta cactácea, alto teor de CNF e conteúdo reduzido de FDN e

Lignina. Essa alta produção de gases favorece na disponibilização de energia para o animal e a combinação do feno de erva-sal com a palma forrageira representa uma opção para a suplementação de bovinos em regiões Semiáridas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### *Local da coleta*

As coletas das variedades de palma utilizadas neste estudo foram realizadas na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, que fica localizado no município de Arcoverde – Pernambuco, latitude -8.433333°, longitude -37.05°, altitude 680,7 metros, temperatura média  $24,9 \pm 10,53$  °C, UR  $79,6 \pm 11,95\%$ , precipitação média anual 1.058,8 mm, microrregião do sertão do Moxotó (INMET, 2017).

Os genótipos utilizados foram implantados em abril de 2013, com adubação feita após a implantação com  $20 \text{ t.ha}^{-1}$  de esterco bovino.

Coletou-se amostras de solo com profundidade de 0-20 cm e obteve-se os seguintes resultados: pH em água (5,37), Fósforo ( $12,66 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Potássio ( $0,315 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Cálcio + Magnésio ( $2,25 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Sódio ( $0,32 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Hidrogênio + Alumínio ( $2,23 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Alumínio ( $0,10 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Capacidade de troca de cátions ( $5,11 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Saturação por bases (55,83%), Saturação por alumínio (4,03%).

Foram utilizados três genótipos do gênero *Opuntia* e um genótipo do gênero *Nopalea* (Tabela 2), em três estádios fenológicos (jovem, intermediário e maduro). A coleta dos genótipos foi realizada em abril de 2017. Para cada genótipo (Figuras 1, 2, 3 e 4) foram selecionadas quatro plantas e de cada planta foram selecionados cladódios em diferentes estádios fenológicos (jovem, intermediário e maduro).

Tabela 2: Genótipos de palma forrageira

Gênero	Espécie	Acesso	Nome vulgar
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA- 200024	F-24
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia ficus - indica</i> Hill	IPA- 10002	Redonda
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia ficus - indica</i>	IPA- 20001	Copena F-1
<i>Nopalea</i>	<i>Nopalea cochinillifera</i> Salm Dyck	IPA- 200206	Orelha de Onça

Figura 1: Palma F-24



Fonte: André Magalhães

Figura 2: Palma Copena F-1



Fonte: André Magalhães



Figura 3: Palma Redonda



Fonte: André Magalhães

Figura 4: Palma Orelha de Onça



Fonte: André Magalhães

Os estádios foram classificados da seguinte forma: estágio jovem, cladódio de cor verde mais intensa, estrutura mais frágil (facilmente coletado com as mãos), ainda em fase de desenvolvimento, gloquídeos ainda em desenvolvimento e o cladódio localiza-se na parte superior da planta (Figura 5).

Figura 5: Cladódio jovem



Estádio intermediário, cladódio de cor verde de tonalidade mais escura, estrutura mais rígida (mais difícil coletar com as mãos), cladódio totalmente desenvolvido só que não apresenta sinais de senescência, gloquídeos desenvolvidos e o cladódio localiza-se na parte mediana da planta (Figura 6).

Figura 6: Cladódio intermediário





E estágio maduro, cladódio de cor verde com uma tonalidade mais clara, estrutura muito rígida (difícil de coletar e cortar devido à rigidez), cladódio totalmente desenvolvido e com sinais de senescência, gloquídios totalmente desenvolvidos e o cladódio localiza-se logo acima da base (Figura 7).

Figura 7: Cladódio maduro



#### *Análises Laboratoriais*

Os cladódios foram cortados em pequenos pedaços, posteriormente pré-secos em estufa com ventilação de ar forçada a 55 °C até atingir o peso constante e depois moídos a 2 mm e 1 mm. As análises químico-bromatológica, produção de gases e digestibilidade *in vitro* verdadeira foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal (LANA) e Laboratório de Produção de Gases no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

As análises de matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05), de nitrogênio (954.01) para obtenção da proteína bruta (PB) e de extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990).

As análises para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram realizadas de acordo com a metodologia de Van Soest *et al.* (1991), com adaptação de Senger *et al.* (2008). A lignina foi determinada segundo a

metodologia de Van Soest *et al.* (1991), em continuação da FDA através da solubilização da celulose, mediante imersão das amostras em ácido sulfúrico a 72% p/p, (LDA). Estimou-se a hemicelulose (HEM), através da equação:  $HEM = FDN - FDA$  e da celulose pela equação:  $CEL = FDA - LDA$ .

Os carboidratos totais (CHOT), foram estimados de acordo com Sniffen *et al.* (1992), pela utilização da equação:  $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ . Os carboidratos não fibrosos (CNF), que correspondem as frações A+B1, foram obtidos através diferença entre os CHOT e a FDN.

A fração C, que corresponde a FDN indigestível, foi determinada segundo a metodologia de Valente *et al.* (2011), em que um grama de cada amostra (2 mm) foi incubada *in situ* por 288 horas, em sacos F57 da ANKON<sup>®</sup>, em uma vaca fistulada no rúmen. Passadas às 288 horas de incubação o material foi retirado do rúmen, lavado, seco em estufa a 105 °C e feito análise de FDN. A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi estimada através da equação  $1000 - \text{fração A+B1} - \text{fração C}$ .

A extração da pectina foi de acordo com Zanella & Taranto (2015) com adaptações. Assim, utilizou-se 0,500 mg de amostra pré-seca moída a 1 mm. A amostra foi transferida para um tubo micro digestor onde adicionou-se 25 mL de água destilada com o pH ajustado em 2,5 com uma solução de ácido cítrico 1 M. Em seguida, os tubos foram colocados sob aquecimento em um bloco digestor (Tecnal, TE-040/25) por 60 minutos), com temperatura constante de 100°C e agitação no vortex mixer (vision scientific co- LDA, KMC-1300V) a cada 10 minutos.

O extrato contendo a pectina foi centrifugado (Centrifuga Ultra Speed, Novatecnica, NT:835) durante 10 minutos a 7.000 rpm. Logo após foi adicionado etanol (95%) ao sobrenadante e deixou-se em repouso durante 40 minutos para permitir a precipitação da pectina, passado este tempo o resíduo do sobrenadante foi separado por filtração em papel quantitativo, em seguida secos em estufa de 105°C por um período de 12 horas e depois pesadas para obtenção da pectina por diferença.

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) utilizou-se a técnica de Tilley & Terry (1963), com adaptação de Holden (1999). O líquido ruminal utilizado foi coletado de uma vaca fistulada no rúmen, levado de imediato ao laboratório e filtrado sob camadas de gaze, sendo injetado regulamente gás carbônico para manter o meio anaeróbio.

A determinação de produção de gás *in vitro* foi realizada de acordo com Theodorou *et al.* (1994), onde foram utilizados frascos de 160 ml para incubação de 1 g da amostra pré-seca moída a 2 mm, juntamente com 90 mL de meio nutritivo proposto por Goering & Van Soest (1970) e 10 mL de inóculo ruminal o qual foi coletado de uma vaca fistulada no rúmen e filtrado sob camadas de gaze, sendo injetado regulamente gás carbônico para manter o meio anaeróbio

Os dados de pressão (psi = pressão por polegada) foram convertidos em volume de gases (V), adotando-se a equação,  $V = 5,1612P - 0,3017$ ,  $R^2 = 0,9873$ , gerada no Laboratório de Produção de Gases (LPG) da Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE, a partir de 937 observações. De cada leitura de pressão, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra.

Os dados da produção cumulativa de gases foram ajustados pelo modelo bicompartimental sugeridos por Schofield *et al.* (1994), utilizando o PROC NLMIXED do Statistical Analysis System SAS®:

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4kd1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4kd2(t-\lambda)]}}$$

onde,  $V_t$  representa o volume máximo total de gases produzidos;  $V_{f1}$  (mL/g de MS incubada) representa o volume máximo de gás para a fração de rápida digestão (CNF);  $V_{f2}$  (mL/g) representa o volume máximo de gás para a fração de lenta digestão (CF);  $k_{d1}$  (h) equivale à taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF);  $k_{d2}$  (h) equivale à taxa de degradação da fração de lenta digestão;  $\lambda$  (*Lag time*) representa a duração dos eventos iniciais (fase de latência) de digestão, comum as duas fases; e o  $t$ (h) representa o tempo de fermentação.

#### *Análise estatística*

O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 4x3 (quatro genótipos de palma forrageira e três estádios fenológicos), com quatro repetições.

Os dados encontrados das análises químicas, fracionamento de carboidratos e de DIVMS, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC GLM e as médias

foram comparadas pelo teste Tukey à 0,05 de significância por meio do programa Statistical Analysis System (SAS® university).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) na concentração de matéria seca (MS) em todos os genótipos estudados. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) apenas a concentração de MS do genótipo Copena F1 (Tabela 3). A palma forrageira apresenta baixos teores de matéria seca, independente do gênero, em média de 91 a 171 g kg<sup>-1</sup> MN (BATISTA *et al.*, 2003a; WANDERLEY *et al.*, 2012; PESSOA *et al.*, 2013; FOTIUS *et al.*, 2014) o que corrobora com os teores de MS encontrados.

Devido a esses teores de MS que a palma apresenta, o fornecimento em grandes quantidades pode comprometer o atendimento das necessidades de matéria seca dos animais (DUBEX JÚNIOR *et al.*, 2010) e o seu uso exclusivo pode causar distúrbios metabólicos, especialmente diarreias (SANTOS *et al.*, 1997; WANDERLEY *et al.*, 2002). O ideal é que a palma seja fornecida juntamente com outro alimento como concentrados, fenos ou até mesmo outra forrageira com teor de MS maior. Já que nessa pesquisa, os estádios fenológicos influenciaram na concentração de MS do genótipo Copena F1 e essa concentração aumenta com o desenvolvimento fenológico da planta, outra opção seria fornecer a palma no estágio maduro.

Em contrapartida, esse alto teor de água presente na palma, tende a diminuir o consumo de água pelos animais, o que favorece a produção animal nos períodos de déficit hídrico. Alguns autores observaram que o consumo de água via bebedouro, diminuiu linearmente (70 a 90%) à medida que os níveis de palma na dieta aumentavam (BISPO *et al.*, 2007; ABIDI *et al.*, 2009; DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2013).

Observou-se diferença ( $P<0,05$ ) nas concentrações de matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO) em todos os genótipos no estágio jovem. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) apenas a concentração de MM e MO do genótipo Redonda. Segundo (MELO *et al.*, 2003) a porcentagem de MO depende da quantidade de MM e normalmente dietas compostas com palma forrageira apresentam elevado teor de MM devido à alta

concentração de macronutrientes minerais que a mesma contém. Batista *et al.* (2009), encontraram valores aproximados aos do presente estudo nos estádios maduro e intermediário com valores de 68 a 94 g kg<sup>-1</sup> MS trabalhando com as variedades Gigante, Miuda, IPA-20, IPA-90-92, IPA-90-155, Additional 1258, Algeria e Chile. Quanto as concentrações de MO, Araújo *et al.* (2004) encontraram valores aproximados que corroboram aos do estudo com 886,6 e 911,9 g kg<sup>-1</sup> MS avaliando a palma gigante e miúda, respectivamente.

Nas concentrações de extrato etéreo (EE), observou-se diferença (P<0,05) somente entre os genótipos no estádio jovem. As concentrações observadas corroboram com as de outros autores que encontraram teores variando de 16 a 32 g kg<sup>-1</sup> MS (BATISTA *et al.*, 2003b; BATISTA *et al.*, 2009; CAVALCANTE *et al.*, 2014) .

Nas concentrações de proteína bruta (PB), observou-se diferença (P<0,05) no estádio maduro. A concentração de PB dos genótipos F24 e Orelha de Onça diferiram (P<0,05) entre si, com teores de 60,3 e 34,4 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. Essa diferença pode estar relacionada a uma característica própria da variedade, já que outros autores encontraram teores diferentes no mesmo gênero. Torres *et al.* (2009) avaliaram a substituição de palma Gigante por palma Miúda em dietas para bovinos em crescimento e observaram teores de 52 g kg<sup>-1</sup> MS para a Gigante e 43 g kg<sup>-1</sup> MS para a Miúda. Já Cavalcante *et al.* (2014), trabalhando com as mesmas variedades, observou teores de 40,1 g kg<sup>-1</sup> MS para a Gigante e 54,8 g kg<sup>-1</sup> MS para a Miúda. Independente do gênero, a palma apresenta em média, 29 a 60 g kg<sup>-1</sup> MS (BATISTA *et al.*, 2003a; WANDERLEY *et al.*, 2012; PESSOA *et al.*, 2013; FOTIUS *et al.*, 2014), o que corrobora com os teores observados no estudo.

Essa concentração de PB mais elevada da F24 a favorece, devido ao fato da palma forrageira apresentar baixas concentrações de PB, então, quanto mais alta for a concentração, melhor. Apesar dos teores observados serem aproximados com os de outros autores, ainda são considerados baixos, uma vez que para que haja um crescimento e desenvolvimento adequado dos microrganismos do rúmen, que são responsáveis pela degradação dos nutrientes oriundos da fração fibrosa da forragem, a dieta do animal deve conter níveis em torno de 60 a 70 g kg<sup>-1</sup> MS de proteína bruta (Reis *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2011).

Portanto, o uso da ureia em mistura com a palma forrageira é uma alternativa viável ao produtor, pois, possibilita uma sincronização do suprimento energético e nitrogênio para os microrganismos do rúmen. Já que a palma possui uma elevada concentração de carboidratos

solúveis, o que facilita a incorporação no nitrogênio da ureia na proteína microbiana (PESSOA, 2007).

Tabela 3: Composição químico – bromatológica de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.

Variável	Genótipo	Cladódios			P-valor	EPM
		Jovem	Intermediário	Maduro		
MS (g kg <sup>-1</sup> MN)	F-24	111,8	121,7	133,4	0,2729	2,96
	Copena F-1	101,1b	110,2ab	138,5a	0,0198	
	Orelha de Onça	132,5	128,2	124,4	0,8290	
	Redonda	103,5	109,8	132,3	0,0847	
	P-valor	0,0893	0,4340	0,7603		
MM (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	121,1A	94,9	101,8	0,1463	3,05
	Copena F-1	116,2AB	96,0	84,3	0,0699	
	Orelha de Onça	83,7B	92,3	95,6	0,6613	
	Redonda	112,9ABa	89,4ab	78,7b	0,0449	
	P-valor	0,0372	0,9616	0,3193		
MO (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	878,9B	905,1	898,2	0,1463	3,05
	Copena F-1	883,8AB	904,0	915,7	0,0699	
	Orelha de Onça	916,3A	907,7	904,4	0,6613	
	Redonda	887,1ABb	910,6ab	921,3a	0,0449	
	P-valor	0,0372	0,9616	0,3193		
EE (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	27,9AB	26,6	19,4	0,2021	1,11
	Copena F-1	32,3A	27,6	23,8	0,2522	
	Orelha de Onça	16,0B	20,0	21,1	0,5693	
	Redonda	25,6AB	27,0	19,2	0,2691	
	P-valor	0,0196	0,3988	0,7906		
PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	57,6	48,5	60,3A	0,2972	1,84
	Copena F-1	66,3	56,3	50,4AB	0,1317	
	Orelha de Onça	44,8	40,3	34,4B	0,4134	
	Redonda	55,4	50,2	49,6AB	0,7096	
	P-valor	0,0673	0,2465	0,0185		

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se diferença (P<0,05) na concentração de fibra em detergente neutro (FDN) de todos os genótipos estudados. Só não houve influência (P>0,05) dos estádios fenológicos na concentração de FDN do genótipo F24 (Tabela 4). Para a concentração de fibra em detergente ácido (FDA), observou-se diferença (P<0,05) no estágio jovem e intermediário. Os estádios fenológicos influenciaram (P<0,05) apenas a concentração de FDA do genótipo Orelha de Onça. O menor valor observado foi na Orelha de Onça no estágio jovem com 96,9

g kg<sup>-1</sup> MS. A influencia dos estádios nas concentrações de FDN e FDA, está possivelmente relacionada ao aumento da parede celular devido a maturidade da planta.

Em um trabalho desenvolvido por Coutinho (2014) com palma gigante, as concentrações de FDN variaram de 192,5 a 224 g kg<sup>-1</sup> MS, já as concentrações de FDA foram de 129,8 a 161,7 g kg<sup>-1</sup> MS. Batista *et al.* (2009) avaliaram nove variedades de palma forrageira e observaram concentrações de FDN de 241 a 263 g/kg MS e concentrações de FDA de 148 a 207 g/kg MS. As concentrações de FDN e FDA foram mais elevadas nesse estudo para a maioria dos genótipos, exceto para a Orelha de Onça. A fibra corresponde à fração menos digestível do alimento, o que reduz a sua qualidade. No entanto, a palma possui baixos teores de FDN e FDA, o que faz com que essas concentrações mais altas observadas, sejam um ponto positivo quanto ao uso desses genótipos na alimentação animal.

Devido a isso, o ideal é que a palma não seja fornecida de forma exclusiva ao animal, e sim acompanhada de outros alimentos fibrosos como fenos, silagens e palhadas, com o propósito de aumentar o consumo de MS e prevenir desordens metabólicas. Bispo *et al.* (2007) relataram que a utilização da palma em associação com alimentos de maior concentração fibrosa é fator determinante para que se possa ter um funcionamento normal de atividades como ruminação, movimentação ruminal, homogeneização do conteúdo ruminal e secreção salivar.

Observou-se diferença (P<0,05) na concentração de lignina digerida em ácido (LDA) dos genótipos nos estádios jovem e maduro. Na hemicelulose (HEM), observou-se diferença (P<0,05) nos estádios intermediário e maduro. Já na celulose (CEL) observou-se diferença (P<0,05) em sua concentração, nos genótipos dos estádios jovem e intermediário. Os estádios fenológicos influenciaram (P<0,05) o teor de CEL dos genótipos Copena F1 e Orelha de Onça. O menor valor observado foi na palma Orelha de Onça no estágio jovem com 93,8 g kg<sup>-1</sup> MS.

A parede celular vegetal (PCV) é composta principalmente por carboidratos como a celulose, hemicelulose e pectina e também pela lignina. Seu papel biológico essencial é dar suporte e proteção à planta. Essas funções conferem rigidez e resistência à destruição, o que limita a digestão da PCV pelo sistema químico-enzimático dos animais (MERTENS, 1996; BERCHIELLI, 2011). No entanto, os teores de celulose, hemicelulose e principalmente a lignina, são considerados baixos na palma, já que compõem a fração fibrosa da planta e já foi

dito que a palma tem baixos teores de fibra. Essa PCV menor, quando comparada a outros volumosos, juntamente com os carboidratos não fibrosos, melhoram a digestibilidade do alimento pelo animal. A lignina, segundo Wanderley *et al.*, (2012) possui baixa ou nula digestibilidade, influenciando a digestibilidade da MS, FDN, celulose e hemicelulose.

Cavalcante *et al.* (2014) avaliaram a produtividade e composição químico-bromatológica de genótipos de palma forrageira, em diferentes densidades de cultivo e observaram teores de lignina de 52,6; 53 e 35,7 g/kg MS, hemicelulose de 73,8; 77,3 e 128,4 g/kg MS e celulose de 156,7; 140,2 e 164 g/kg MS para as variedades Gigante, Redonda e Miúda respectivamente. As concentrações em sua maioria foram mais elevadas do que as observadas nesse trabalho, isso pode estar relacionado às densidades de plantio, as variedades utilizadas e ao fato dos autores terem utilizado a planta inteira. As menores concentrações de LDA nos genótipos e principalmente na Orelha de Onça no estágio jovem ( $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) e as menores concentrações de CEL e HEM quando comparadas as observadas pelos outros autores, favorece o uso desses genótipos na alimentação animal por melhorar a digestibilidade do alimento.

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de pectina (PEC), somente no genótipo Orelha de Onça no estágio intermediário, sendo também o maior valor encontrado com  $181,7 \text{ g kg}^{-1}$  MS. Pessoa (2017) estudando as variedades IPA-20, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana, Orelha de Elefante Africana e F-08 em diferentes estádios fenológicos, observou que todas as variedades tiveram altas concentrações de pectina variando de 98 a  $212,8 \text{ g kg}^{-1}$  MS. Essas concentrações foram em sua maioria mais elevadas do que as observadas nesse estudo, exceto o genótipo Orelha de Onça com valores aproximados aos dos outros autores.

Vale ressaltar que as pectinas encontram-se naturalmente associadas com a celulose e hemicelulose, que auxiliam na união entre as células (PAIVA *et al.*, 2009). E apesar de estar presente na estrutura da parede celular da planta, não é um carboidrato fibroso (BRANDI e FURTADO, 2009), é um carboidrato estrutural extremamente solúvel, que favorece o aumento da digestibilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro (RAMOS 2013). O que faz com que o genótipo Orelha de Onça seja uma excelente opção para a alimentação animal devido às altas concentrações de PEC.



Tabela 4: Compostos fibrosos de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.

Variável	Genótipo	Cladódios			P -valor	EPM
		Jovem	Intermediário	Maduro		
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	F -24	194,1AB	192,2B	227,6C	0,1288	7,82
	Copena F1	236,1Ab	275,7Ab	330,1Aa	<0,0001	
	Orelha de Onça	152,6Bb	182,8Bb	257,8BCa	<0,0001	
	Redonda	224,7Ab	258,3Aab	289,8ABa	0,0065	
	P -valor	0,0004	<0,0001	<0,0001		
FDA (g kg <sup>-1</sup> MS)	F- 24	168,2A	169,9	191,1	0,5446	6,70
	Copena F1	183,0A	198,8	237,5	0,0634	
	Orelha de Onça	96,9Bb	137,9b	215,9a	<0,0001	
	Redonda	176,7A	192,7	222,2	0,1469	
	P- valor	0,0019	0,0487	0,2542		
LDA (g kg <sup>-1</sup> MS)	F -24	12,9	10,5	13,7	0,8594	1,42
	Copena F1	19,4	17,8	24,8	0,4868	
	Orelha de Onça	3,1	8,4	13,3	0,2573	
	Redonda	17,7	15,4	26,9	0,1464	
	P- valor	0,0483	0,3911	0,0529		
HEM g kg <sup>-1</sup> MS)	F- 24	25,9	22,3B	36,5B	0,7406	4,43
	Copena F1	53,1	76,9A	92,6A	0,1250	
	Orelha de Onça	55,7	44,9AB	41,9AB	0,7493	
	Redonda	48,0	65,6AB	67,6AB	0,5302	
	P -valor	0,3947	0,0337	0,0200		
CEL (g kg <sup>-1</sup> MS)	F- 24	155,3A	159,4AB	177,4	0,4695	5,65
	Copena F1	163,6Ab	181,0Aab	212,7a	0,0424	
	Orelha de Onça	93,8Bb	129,5Bb	202,6a	<0,0001	
	Redonda	159,0A	177,3AB	195,3	0,1730	
	P- valor	0,0019	0,0392	0,3100		
PEC (g kg <sup>-1</sup> MS)	F- 24	99,2	96,9B	106,8	0,9233	6,31
	Copena F1	85,1	67,3B	129,0	0,0603	
	Orelha de Onça	143,4	181,7A	132,1	0,1442	
	Redonda	95,9	94,8B	93,6	0,9958	
	P -valor	0,1329	0,0005	0,3964		

FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LDA = lignina digerida em ácido; HEM = hemicelulose; CEL = celulose; PEC = pectina.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se diferença (P<0,05) nas concentrações de carboidratos não fibrosos (CNF) dos genótipos estudados. Os estádios fenológicos influenciaram (P<0,05) apenas a concentração de CNF do genótipo Orelha de Onça. A maior concentração observada foi no genótipo Orelha de Onça no estágio jovem com 702,9 g kg<sup>-1</sup> MS (Tabela 5). Essa maior concentração de CNF na Orelha de Onça provavelmente está ligado ao fato desse genótipo ter apresentado as menores concentrações de fibra. Quanto a influencia dos estádios fenológicos na concentração dos CNF que diminuiu com o avanço da maturidade da planta,

provavelmente está relacionado à quantidade de fração fibrosa da planta devido à idade do cladódio.

Concentrações de CNF foram observadas em alguns estudos com palma forrageira com variações de 423 a 650 g kg<sup>-1</sup> MS (WANDERLEY *et al.*, 2012; PESSOA *et al.*, 2013; FOTIUS *et al.*, 2014; CAVALCANTE *et al.*, 2014) que corroboram com a maioria das concentrações observadas nesse estudo. Exceto para o genótipo Orelha de Onça, que obteve concentrações mais altas e assim, bons resultados entre os genótipos estudados, pois os CNF favorecem o aumento do consumo de alimentos pelos animais, uma vez que estes são rapidamente fermentados no rúmen, melhorando o aporte de energia.

No entanto, é importante salientar que, Segundo Pessoa *et al.* (2009) entre os aspectos de maior importância em dietas à base de palma forrageira, destaca-se o equilíbrio entre o suprimento de carboidratos fibrosos e não-fibrosos. O equilíbrio entre a fibra e os carboidratos não fibrosos da ração do animal, irá promover fermentação adequada, em função da efetividade física da fibra provocar maior mastigação e ruminação, garantindo as condições normais de rúmen, além de produção e teor de gordura do leite satisfatórios (SLATER *et al.*, 2000).

Observou-se diferença (P<0,05) nas concentrações de carboidratos totais (CHOT) dos genótipos no estágio jovem. Os estádios fenológicos influenciaram (P<0,05) apenas a concentração de CHOT do genótipo Copena F1. Araújo *et al.* (2004) avaliaram a substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação e encontraram teores de CHOT de 730,8 e 754,7 g kg<sup>-1</sup> MS para a palma Gigante e Miúda, respectivamente. As concentrações observadas foram mais altas que as observadas pelos outros autores. Independente do genótipo e do estágio fenológico, as concentrações de CHOT foram altas, principalmente nas palmas Orelha de Onça e Redonda que apresentaram os melhores resultados.

Observou-se diferença (P<0,05) nas frações A+B1 dos genótipos estudados. Só não houve influência (P>0,05) dos estádios fenológicos na concentração da fração A+B1 do genótipo F24. Silva (2016) trabalhou com as variedades, Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia e encontrou valores nas frações A+B1 de 866,87; 741,66; 795,39; 803,28 g kg<sup>-1</sup> CHOT, respectivamente. As concentrações das frações A+B1 corroboram com grande parte das concentrações observadas no estudo.

As concentrações observadas são consideradas altas, o que é bom, já que segundo Pereira *et al.* (2000) alimentos com altas concentrações da fração A+B1 podem melhorar a adequação energética ruminal e com isso melhorar o crescimento microbiano ruminal.

Isso ocorre porque a fração A+B1 é formada pelos carboidratos que apresentam taxas de degradação rápida como os açúcares e seus conjugados (glicose e dissacarídeos) e os carboidratos que apresentam valores de cinética de degradação intermediária como o amido, frutanas, galactanas e a pectina que não é carboidrato, mas faz parte desse grupo (BERCHIELLI, 2011). A eficiência do crescimento microbiano necessita da participação da energia tanto de manutenção como de crescimento e isso está totalmente ligado ao tempo em que os microrganismos permanecem no rúmen. Nesse sentido, quanto mais rápido for a passagem dos microrganismos, menor será a utilização de energia para manutenção e maior será a eficiência de síntese microbiana (NOCEK e RUSSELL, 1988; PESSOA *et al.*, 2009).

Na fração B2 observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos no estádio jovem. Silva (2016) avaliando variedades de palma forrageira encontrou valores para as concentrações da fração B2 de 101; 221,05; 137,87 e 159,03 g kg<sup>-1</sup> CHOT para as variedades, Miúda, Gigante, Orelha de elefante mexicana e IPA-Sertânia, respectivamente. As concentrações da fração B2 são maiores nesse trabalho. Já Pessoa (2017) avaliando a fração B2 nas variedades IPA-20, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana, Orelha de Elefante Africana e F-08 em diferentes estádios fenológicos, observou concentrações com variações de 125,9 a 364 g kg<sup>-1</sup> CHOT, valores maiores quando comparados ao estudo.

As variações quanto à fração B2, pode estar relacionado ao fato do primeiro autor usar a planta inteira e do segundo autor pode estar ligado ao fato das variedades utilizadas serem diferentes. As concentrações observadas nesse trabalho são consideradas baixas devido ao fato da palma apresentar baixo teor de fibras. A fração B2 é conhecida como fibra disponível e é formada por carboidratos que apresentam “lenta” degradação, como celulose e hemicelulose.

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) na fração C dos genótipos estudados. Só não houve influência ( $P > 0,05$ ) dos estádios fenológicos na concentração da fração C do genótipo F24. Batista *et al.*, (2003a) avaliaram o efeito da composição química entre variedades de palma, sendo elas Gigante, Miúda e IPA 20 e encontraram concentrações da fração C de 30, 31 e 38 g kg<sup>-1</sup> CHOT, respectivamente.

Embora este trabalho tenha apresentado maiores valores em relação aos encontrados por Batista *et al*, essas concentrações ainda são consideradas baixas. Isso ocorre devido ao fato da fração C representar a fibra indigestível ou não disponível. Essas concentrações são baixas devido ao baixo teor de lignina apresentado pela palma forrageira.

Tabela 5: Concentrações de CHOT e CNF, e das frações dos carboidratos de genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos.

Variável	Genótipo	Cladódios			P-valor	EPM
		Jovem	Intermediário	Maduro		
CNF (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	599,3B	637,8AB	590,9	0,2643	9,20
	Copena F-1	549,1B	544,4C	511,4	0,4001	
	Orelha de Onça	702,9Aa	664,6Aa	591,1b	0,0024	
	Redonda	581,4B	575,1BC	562,7	0,8210	
	P-valor	<0,0001	0,0010	0,0375		
CHOT (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	793,4B	830,0	818,5	0,1677	4,75
	Copena F-1	785,2Bb	820,1ab	841,5a	0,0206	
	Orelha de Onça	855,5A	847,4	848,9	0,9048	
	Redonda	806,1AB	833,4	852,5	0,0657	
	P-valor	0,0038	0,5661	0,3077		
A+B1 (g kg <sup>-1</sup> CHOT)	F-24	755,2AB	767,8A	722,0A	0,1713	9,39
	Copena F-1	699,5Ba	663,8Bab	607,8Bb	0,0026	
	Orelha de Onça	820,4Aa	784,1Aa	696,0Ab	<0,0001	
	Redonda	721,4Ba	688,9Bab	659,0ABb	0,0516	
	P-valor	0,0001	<0,0001	0,0003		
B2 (g kg <sup>-1</sup> CHOT)	F-24	191,2AB	182,4	182,5	0,8773	4,48
	Copena F-1	212,8A	203,2	185,1	0,3712	
	Orelha de Onça	150,4B	157,8	188,9	0,1301	
	Redonda	202,5AB	203,5	161,1	0,0617	
	P-valor	0,0172	0,0831	0,4988		
C (g kg <sup>-1</sup> CHOT)	F-24	53,6AB	49,8C	95,5B	0,0717	8,37
	Copena F-1	87,7Ab	133,0Ab	207,1Aa	<0,0001	
	Orelha de Onça	29,2Bb	58,1BCb	115,1Ba	0,0010	
	Redonda	76,1ABb	107,6ABb	179,9Aa	<0,0001	
	P-valor	0,0459	0,0008	<0,0001		

CNF = carboidratos não fibrosos; CHOT = carboidratos totais; A+B1 = fração A+B1; B2 = fração A+B2; C = fração C.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se diferença (P<0,05) nas concentrações de digestibilidade *in vitro* (DIV) da MS, de todos os genótipos estudados (Tabela 6). Só não houve influencia (P>0,05) dos estádios fenológicos nos parâmetros de DIV do genótipo F24.

Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da palma forrageira são altos, chegando a 744, 750 e 774 g kg<sup>-1</sup> MS com as cultivares Redonda, Gigante e Miúda, respectivamente (NEFZAOU, 2010). Cavalcante *et al.* (2014) relataram valores de DIVMS de 551, 526 e 581 g kg<sup>-1</sup> de MS para Redonda, Gigante e Miúda, respectivamente. Mesmo avaliando variedades iguais, os resultados foram bem distantes um do outro. Esses resultados só contribuem para a afirmação de que às plantas apresentam composição química que podem variar em função não só da variedade, mas em função do gênero, idade, condições de solos e fatores ambientais.

As concentrações de digestibilidade *in vitro* deste estudo foram mais altas, do que as concentrações dos autores citados acima. O que pode estar relacionado, à utilização de cultivares diferentes e as altas concentrações de CNF que contribuem para a elevação da taxa de degradação da fração lentamente degradável da MS (BATISTA *et al.*, 2009), pois os CNF são rapidamente degradados no rúmen, aumentando a energia, o crescimento microbiano e, consequentemente, a digestão (CAVALCANTE *et al.*, 2014) e os baixos teores de lignina, já que ela possui baixa ou nula digestibilidade, influenciando assim os valores da digestibilidade da MS. A alta digestibilidade *in vitro* deste trabalho, mostra que o uso desses genótipos na alimentação animal pode contribuir para o aumento do consumo de MS, ganho de peso total e diário, e melhor acabamento e rendimento de carcaça.

Tabela 6: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica de palma forrageira em diferentes fases fenológicas.

Variável	Variedade	Cladódios			P valor	EPM
		Jovem	Intermediário	Maduro		
DIV (g kg <sup>-1</sup> MS)	F-24	895,1AB	873,6A	860,7A	0,3648	8,57
	Copena F-1	877,6Ba	777,5Bb	765,7Bb	<0,0001	
	Orelha de Onça	950,1Aa	911,8Aa	838,2Ab	0,0002	
	Redonda	884,4Ba	868,9Aab	819,7ABb	0,0290	
	P-valor	0,0196	<0,0001	0,0029		
DIV (g kg <sup>-1</sup> MO)	F-24	920,0AB	895,6A	868,2A	0,1201	9,03
	Copena F-1	890,1Ba	784,6Bb	769,9Bb	<0,0001	
	Orelha de Onça	957,3Aa	927,3Aa	846,2Ab	0,0002	
	Redonda	898,5ABa	874,9Aab	823,8ABb	0,0132	
	P-valor	0,0427	<0,0001	0,0021		

DIV = digestibilidade *in vitro*; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Com relação aos parâmetros de produção de gás *in vitro* observou-se diferença (P<0,05) no volume total de gás produzido (Vt<sub>1</sub>) e no volume total de gás ajustado pelo

modelo bicompartimental ( $V_{t2}$ ) dos genótipos estudados (Tabela 7). Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) o volume de  $V_{t1}$  e  $V_{t2}$  apenas no genótipo Redonda. O maior volume observado de  $V_{t1}$  e  $V_{t2}$  foi na palma Orelha de Onça no estágio jovem com 333,86 e 328,1 mL g<sup>-1</sup> respectivamente. Esses volumes mais altos, podem estar associados a maior disponibilidade de CNF nesse genótipo, demonstrando maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais.

O volume de  $V_{t1}$  foi próximo ao  $V_{t2}$ , comprovando o ajuste do modelo bicompartimental, já que esse modelo é a soma do volume de gás produzido pela degradação da fração A+B1 (CNF) pela degradação da fração B2 (CF). Em função disso, esses volumes precisam iguais ou aproximados.

Observou-se diferença ( $P<0,05$ ) no volume de gás produzido pela degradação da fração A+B1 ( $V_{f1}$ ), dos genótipos no estágio jovem. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) o  $V_{f1}$  dos genótipos F24 e Redonda. Os volumes de  $V_{f1}$  foram altos para todos os genótipos estudados e seus estados fenológicos, o que é comum na palma forrageira, devido aos altos teores de CNF e baixos teores de CF e lignina. O alto teor da fração solúvel constitui um substrato energético de rápida fermentação para os microrganismos, promovendo desta forma um alto volume de gás (MUNIZ *et al.*, 2011).

Já para o volume de gás produzido pela degradação da fração B2 ( $V_{f2}$ ), observou-se diferença ( $P<0,05$ ) do  $V_{f2}$  somente no genótipo Orelha de Onça no estágio jovem, também sendo o maior valor encontrado com 153,72 mL g<sup>-1</sup>. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P<0,05$ ) apenas o  $V_{f2}$  do genótipo Orelha de Onça.

Os teores elevados de CNF e o baixo teor de LDA, contribuem para a elevação da taxa de degradação da fração lentamente degradável da MS (BATISTA *et al.*, 2009), o que explica o volume mais alto de  $V_{f2}$  no genótipo Orelha de Onça, quando comparado ao volume dos demais genótipos. Esses CNF são rapidamente degradados no rúmen, aumentando a energia, o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a digestão (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

Durante os eventos iniciais da degradação ruminal, os nutrientes solúveis são responsáveis pelo maior volume dos gases produzidos. Devido a isso, os volumes de  $V_{f1}$  são maiores que os de  $V_{f2}$ . Estes maiores volumes de gases ocorrem devido à fermentação dos CNF.

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) na duração dos eventos iniciais da fase de latência de digestão, comum às duas fases ( $\lambda$ ), dos genótipos estudados. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P < 0,05$ ) apenas o  $\lambda$  do genótipo Redonda. Observando somente o estágio jovem, o maior  $\lambda$  foi no genótipo Orelha de Onça com 4,99 h.

Esse maior tempo do genótipo Orelha de Onça, se deve ao fato do volume de gás produzido pela degradação mais lenta ( $Vf_2$ ), ter sido maior para esse genótipo. O que não é bom, pois os microrganismos vão aderir à partícula mais lentamente. Quanto maior a latência, consequentemente a degradação fibrosa será mais lenta. Embora não seja o ideal, essa maior latência não influenciou na produção de gás desse genótipo, devido ao fato da palma apresentar baixas concentrações de CF e de fração B2.

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) na taxa específica de produção de gás pela degradação da fração A+B1 ( $K_1$ ), dos genótipos e estádios fenológicos estudados. Demonstrando que independente do genótipo ou estágio fenológico, os menores valores indicam que a sua energia foi disponibilizada de forma mais rápida, favorecendo o animal não só na sua sobrevivência, mas também por afetar positivamente na produção de carne e leite.

Na taxa específica de produção de gás pela degradação da fração B2 ( $K_2$ ), observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) do  $K_2$  em todos os genótipos estudados. Os estádios fenológicos influenciaram ( $P < 0,05$ ) o  $K_2$  dos genótipos F24 e Redonda.

O  $K_2$  representa a quantidade da fração fibrosa que está disponível para o microrganismo e pelo tempo que essa fração demora, para ser degradada. Os valores mais elevados desse parâmetro, quando comparado ao  $K_1$ , devem-se aos teores elevados de CNF e o baixo teor de LDA, que contribuem para a elevação da taxa de degradação da fração lentamente degradável da MS (BATISTA *et al.*, 2009). Em relação aos valores comuns a palma, esse tempo é considerado baixo, devido à baixa concentração de CF.

Os estádios fenológicos que diferiram ( $P < 0,05$ ) entre si nos parâmetros da cinética de produção de gás (tabela 7), reduziram o volume de gás produzido com o avanço da maturidade da planta. Isso provavelmente está relacionado à redução dos CNF devido ao avanço da idade do cladódio.

Tabela 7: Cinética de produção de gás *in vitro* de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos

Parâmetros	Genótipo	Cladódios			P-valor	EPM
		Jovem	Intermediário	Maduro		
Vt <sub>1</sub> (mL g <sup>-1</sup> MS)	F-24	280,6B	299,5AB	286,7AB	0,4249	4,40
	Copena F-1	253,6B	267,6B	258,2B	0,6218	
	Orelha de Onça	333,86A	320,53A	302,23A	0,1063	
	Redonda	285,4Bab	301,2ABa	257,7Bb	0,0167	
	P-valor	<0,0001	0,0083	0,0081		
Vt <sub>2</sub> (mL g <sup>-1</sup> MS)	F-24	275,9B	294,9AB	281,2AB	0,4024	4,26
	Copena F-1	250,4B	263,4B	255,4B	0,6581	
	Orelha de Onça	328,1A	314,8A	297,0A	0,1068	
	Redonda	280,7Bab	296,4ABa	255,5Bb	0,0236	
	P-valor	<0,0001	0,0094	0,0134		
Vf <sub>1</sub> (mL g <sup>-1</sup> MS)	F-24	184,3Aab	201,5a	166,3b	0,0430	3,53
	Copena F-1	144,9B	174,3	157,7	0,1026	
	Orelha de Onça	174,4AB	193,5	180,2	0,3551	
	Redonda	184,3Aa	200,5a	149,9b	0,0021	
	P-valor	0,0170	0,1727	0,1522		
k <sub>1</sub> (/h)	F-24	0,1560	0,1658	0,1414	0,2103	0,002
	Copena F-1	0,1327	0,1406	0,1335	0,8151	
	Orelha de Onça	0,1282	0,1373	0,1347	0,7930	
	Redonda	0,1344	0,1448	0,1282	0,4795	
	P-valor	0,1946	0,1700	0,8155		
λ <sub>(h)</sub>	F-24	4,25B	4,09B	4,27B	0,7106	0,06
	Copena F-1	4,12B	4,35B	4,57AB	0,1771	
	Orelha de Onça	4,99A	5,09A	4,96A	0,8528	
	Redonda	4,13Bb	4,69ABab	5,00Aa	0,0029	
	P-valor	0,0017	0,0011	0,0104		
Vf <sub>2</sub> (mL g <sup>-1</sup> MS)	F-24	91,62B	93,37	114,89	0,2523	3,72
	Copena F-1	105,54B	89,01	97,73	0,5668	
	Orelha de Onça	153,72A	121,28	116,78	0,0421	
	Redonda	96,40B	95,99	105,56	0,7804	
	P-valor	0,0008	0,1655	0,5794		
k <sub>2</sub> (/h)	F-24	0,0464A	0,0458	0,0422AB	0,0531	0,000 4
	Copena F-1	0,0410B	0,0437	0,0408AB	0,2158	
	Orelha de Onça	0,0456AB	0,0461	0,0452A	0,8751	
	Redonda	0,0439ABa	0,0439a	0,0383Bb	0,0040	
	P-valor	0,0253	0,4014	0,0046		

Vt<sub>1</sub> = volume total de gás produzido; Vt<sub>2</sub> = volume total de gás ajustado pelo modelo; Vf<sub>1</sub> = volume de gás produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF); k<sub>1</sub>=taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF); Vf<sub>2</sub> = volume de gás produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF); k<sub>2</sub> = taxa específica de produção de gás pela degradação da fração B2 (CF); λ = latência ou *lag time*.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

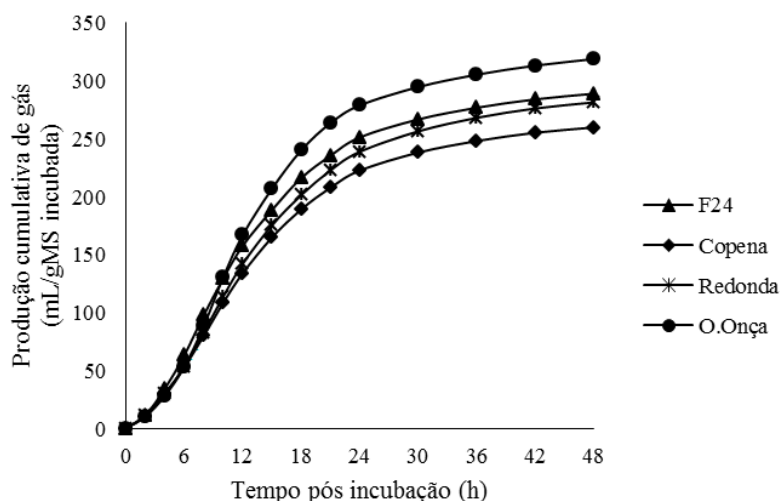


A curva de produção cumulativa de gás apresenta a forma sigmoide (Figura 8), formato normalmente apresentado para as curvas de produção cumulativa de gases em estudos de degradação *in vitro* (Pell et al., 1997). Pode-se observar que à medida que aumenta o tempo de incubação, o volume total de gás aumenta e a produção de gás em função do tempo diminui, sendo este comportamento observado para os quatro genótipos.

Observou-se maior volume de gás para o genótipo Orelha de onça, seguido da F-24, Redonda e Copena F-1. Como já foi citado nos parâmetros da tabela 7, isso provavelmente está associado às altas concentrações da fração solúvel que são maiores nos genótipos Orelha de onça, constituindo assim um substrato energético de rápida fermentação para os microrganismos, promovendo um alto volume de gás.

A palma forrageira, destacando-se o genótipo estudado Orelha de Onça, apresenta altos volumes de produção de gás, devido ao maior crescimento microbiano pela utilização, principalmente dos CNF. A fermentação ruminal é principalmente o resultado da atividade de bactérias, protozoários e fungos que habitam no rúmen, de modo que, a energia utilizada pelos microrganismos do rúmen é proveniente da fermentação dos carboidratos presentes no alimento, os quais são degradados até glicose e fermentados até ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato, butirato), CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (WOLIN, 1960), disponibilizando assim, energia. Essa energia é utilizada pelo ruminante para manter a vida, perpetuar a espécie, realizar trabalho, conduzir impulsos nervosos, produzir leite e carne, entre outros (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

Figura 8. Curvas de produção de gás *in vitro* dos genótipos de palma forrageira.



## 5. CONCLUSÃO

Dentre os genótipos de palma forrageira, a Orelha de Onça é a que menos se destaca quanto aos compostos fibrosos e concentrações de pectina.

O genótipo Orelha de Onça se destaca pela predominância dos carboidratos solúveis (CNF), que influenciam a cinética de produção de gás *in vitro*, demonstrando maior disponibilidade de nutrientes no rúmen.

Os estádios fenológicos dos genótipos de palma forrageira não influenciam a digestibilidade *in vitro* da MS.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S.; SALEM, H. B.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. inermis) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. *Small Ruminant Research* v. 87, n. 1 p. 9-16, 2009.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semi-árido brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

ALVES, F.A.L. Variabilidade genética, morfológica e fitoquímica de genótipos de *Opuntia e Nopalea*. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba-Areia-PB, 2015.

ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A.; SANTOS, D. C.; LIMA, R. M. B.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15<sup>th</sup> Ed. AOAC, Arglington, USA, p. 745, 1990.

BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; SANTOS, G. R. A.; de CARVALHO, F. F.R.; DUBEUX JR, J. C. B.; LIRA, M. A.; BARBOSA, S. B. P. Chemical Composition and Ruminant Dry Matter and Crude Protein Degradability of Spineless Cactus. **Journal Agronomy & Crop Science** v. 189, p. 123—126, 2003b.

BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX Jr., J. C. B.; MUSTAFA, A. F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in northeast Brazil. **Rangeland Ecology and Management**. v. 62, p. 297-301, 2009.

BATISTA, A. M.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 83, n. 5, p. 440-445, 2003a.

BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Correspondências devem ser enviadas para: Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 246-258, 2009.

CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, G.M.F.; LOPES, M.N.; Ximenes, L.J.F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2013.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, out./dez. 2014.

CAVALCANTI, M. C. de A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. de A.; RIBEIRO, V. L.; RIBEIRO NETO, A. C. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus indica* Mill) e palma orelha de elefante (*Opuntia* sp). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 409-416, 2004.

CERRILLO, M. A.; JUAREZ, R. A. S. *In vitro* gas production parameters in cacti and tree species commonly consumed by grazing goats in a semiarid region of North Mexico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 16, n. 4, p. 16021, 2004.

CORDOVA-TORRES, A. V.; MENDOZA-MENDOZA, J. C.; BERNAL-SANTOS, G.; GASCA, T. G., KAWAS, J.; COSTA, R. G.; MONDRAGON JACOBO, C.; ANDRADE-MONTEMAYOR, H. Nutritional Composition, *in vitro* Degradability and Gas Production of *Opuntia ficus indica* and Four Other Wild Cacti Species. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2s, 2015.

COUTINHO, M. J. F. **Acúmulo de fitomassa e composição químico-bromatológica da palma forrageira sob adubação mineral em sequeiro**. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará –UFC, Fortaleza, CE, 2014.

DEL RAZO, O. E.; ALMARAZ, I.; ESPINOSA, V.; SORIANO, R.; MIRANDA, L. A.; ARIAS, L.; PELAEZ, A. Comparative analysis of the *in vitro* fermentation of wasted cladodes (*Opuntia* spp.), lucerne and oat hays. **South African Journal of Animal Science**, v. 45, n. 5, p. 470-475, 2015.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D.C. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, v, 13, p. 29-40, 2013.

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consorcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.341- 347. 2000.

FERREIRA, M de A.; BISPO, S. V.; ROCHA FILHO, R. R.; URBANO, S. A.; COSTA, C. T. F. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. **In Organic farming and food production**. InTech, 2012.

FOTIUS, A. C. A.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L.; BISPO, S. V. Estratégia de nutrientes para ovinos em distintas sequências de fornecimento alimentar em dieta a base de palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.15, n. 2, p. 504-516 , 2014.

FROTA, M. N. L.; CARNEIRO, M. S. S.; CARVALHO, G. M. C.; ARAÚJO NETO, R. B. Palma forrageira na alimentação animal. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio-Norte**. Teresina, PI, 2015.

GETACHEW, G. *et al.* *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, n.3-4, p.261–281, 1998.

GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. *Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Washington, DC: USDA. (**Agricultural Handbook, 379**), 1970.

GONZAGA NETO, S.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. DE; MARTÍNEZ, R. L. V.; BARBOSA, J. E. A. S.; SILVA, E. O. Composição bromatológica, consumo e digestibilidade *in vivo* de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), fornecidas para ovinos Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 553-562, 2001.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO, M.; MORTENSEN, A. G.; LAURSEN, B. B.; LIN, L. W.; LEÓN-RODRÍGUEZ, A. de.; FOMSGAARD, I. S.; ROSA, A.P.B. de L. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 525-532, 2010.

HARO J. M.; HERNÁNDEZ J. L. D.; HARO I. M.; HERNÁNDEZ, I. G.; POSSADAS, M. V. Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento. **Acta Universitaria, Guanajauto**. Universidad de Guanajauto, v. 21, n. 1, p. 11-17, 2011.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science** v. 82, p. 1791-1794, 1999.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estações Convencionais. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>. 2017.

LEITE, M. L. M. V. et al. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 192 – 200, abr. – jun., 2014.

LIRA, M. A. *et al.* **Genética e melhoramento da palma forrageira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2., 2011, Garanhuns. Anais... Garanhuns: UFRPE, 2011.

MALAFAIA, P. A. M. **Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas “in situ”, “in vitro” e de produção de gases**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BEZERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, PB, p 384 – 388, 2011.

MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.260-277, 2000

MELO, A. A. S, FERREIRA, M.A., VERÁS, A. S.C., LIRA, M.A., LMA, L.E., VIELA, M.S., MELO, E.O.S. & ARAÚJO, P.R.B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 727-736, 2003.

MENEZES, D.R.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R.; SILVA, T.M. Ingestão voluntária por ovinos submetidos a rações com coproduto de vitivinícolas desidratado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.57-63, 2008.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D. C.; FAUSTINO, J. O.; JOBIM, C. C.; DETMANN, E; ZAMBOM, M. A.; MARQUES, J. A. Caracterização químico-

bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, no. 1, p. 137-146, 2004

MOKOBOKI, K. & SEBOLA, N. Chemical composition and feed intake of *Opuntia* cladodes varieties offered to goats. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 32, p. 5096-5103, 2017.

MORAES, A. C. A. **Valor nutritivo de diferentes variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M. de. Alternativas para incrementar a oferta de nutrientes no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 01-24, 2010.

MOURA, J. G. **Valor nutritivo e características anatômicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell)**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 97p, 2012.

MUNIZ, E. B. et al. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos: técnica de produção de gases. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1191-1200, 2011.

NEFZAOU, A. Use of cactus as feed: review of the international experience. Improved utilization of cactus pear for food, feed, soil and water conservation and other products in Africa. **Cactusnet Newsletter**, Santiago Del Estero, n. 12, p. 93-100, May 2010.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2070-2107, 1988.

OLIVEIRA JR, S. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semi-árido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12, 2009.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; Silva, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JUNIOR, E. B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**. Mossoró, RN, Brasil, v.5, n.4, p. 27 - 37 outubro/dezembro de 2010.

OLIVEIRA, M. S.; SANTOS LIMA, K.; CIPRIANO, F. S.; TONINI, W. C. T.; AZEVEDO, R. V.; SALARO, A. L.; BRAGA, L. G. T. Digestibility of nutrients and energy of cultivars of forage palm for growing Nile tilapia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p.261–281, 2013.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de forragem de espécies herbáceas da caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. SÁ B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA,

P.Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p. 145-159, 2010.

PEREIRA, E. S. *et al.* Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PEREIRA, E.S., QUEIROZ, A.C., PAULINO, M.F., CECON, P.R., VALADARES FILHO, S.C., MIRANDA, L.F., FERNANDES, A.M. & CABRAL, L.S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1887-1893, 2000.

PESSOA, R. A. S. **Palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e ureia para novilhas e vacas leiteiras**. 123f. Tese (Doctor Scientiae em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLAY, W. L.; VASCONCELOS, P. C. Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 508-517, 2013.

PESSOA, R. A. S.; LEÃO, M. I.; FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; QUEIROZ, A. C. Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e ureia associados a diferentes suplementos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, Viçosa, 2009.

RAMOS, A.O., FERREIRA, M.A., VÉRAS, A.S.C., COSTA, S.B.M., CONCEIÇÃO, M.G., SILVA, E.C., SALLA, L.E. & SOUZA, A.R.D.L. Diferentes fontes de fibra em dietas a base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 648-659, 2013.

REIS, R.A.; MELO G.M.P.; BERTIPAGLIA L.M.A. et al. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. (Eds.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.187-238, 2005.

REYES-AGUERO, J. A.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; HERNÁNDEZ, H. M. Notas sistemáticas y descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (Cactáceae). **Agrociência**, v. 39, n. 4, p. 395-408, 2005.

RIBEIRO, E.M. O.; SILVA, N.H.; LIMA-FILHO, J.L.; BRITO, J.Z.; SILVA, M. P.C. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 933-939, 2010.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma Gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. 87 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

ROCHA, J. E. S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: estado da arte**. Embrapa Ovinos e Caprinos. (Documento, 61), 2012.

RODRIGUES, M.T. **Uso de fibras em dietas de ruminantes**. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.141-169, 1998.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. In; MENEZES, R.S.C.et al. (eds). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 43-55, 2005.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de Cactáceas em zonas Semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**., v.15, n.2, p.111-121, 2013.

SANTOS-HALISCAK, J. A.; KAWAS, J. R.; FIMBRES-DURAZO, H.; MORENO-DEGOLLADO, G.; VÁZQUEZ-ALVARADO, R. E.; OLIVARES-SÁENZ, E.; ANDRADE-MONTEMAYOR, H. Effects of compost level in soil and season on the production and composition of cactus varieties. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 18, p. 52-64, 2016.

SCHOFIELD, P., PITT, R. E. & PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, n. 72, 2980-2991, 1994.

SENGER, C. C. D., KOZLOSKI, G.V., BONNECARRERE SANCHEZ, L.M., MESQUITA, F.R., ALVES, T.P. & CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology** v. 146, 169-174, 2008.

SILVA, C. C. F. & SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária REDVET**, v. 8, n. 05, p. 1-11, 2007.

SILVA, J.A. da; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. dos S.; PADILHA-JÚNIOR, M. C.; SILVA-JUNIOR, A. A. e. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 236-242, 2016.

SILVA, P. C. G.; da MOURA, M. S. B.; de KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A. SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010.



SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, abr. – jun., 2015.

SILVA, W. A. **Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gás de variedades de palma forrageira**. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Pernambuco, Garanhuns, PE, 2016.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J., FOX, D.G. & RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOARES II, J. C. & SILVA JÚNIOR, S. S. Palma forrageira: uma alternativa para sobrevivência no Semiárido. **Revista Cabra & Ovelha**, v. 34, n. 72, p. 4-5, 2012.

SOUZA, D. R. **Consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, parâmetros ruminais, séricos e urinários em ovinos alimentados com resíduo de feijão e palma forrageira**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, 2014.

SUASSUNA, P. Tecnologia do cultivo intensivo da Palma - TCIP. Cactusnet Newsletter. **Edição das Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y Otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA**, Santiago del Estero, n. 13, p. 51-63, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 189p, 2006.

TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; PEREZ, J. R. O.; TRINDADE, I. A. C.; MORON, I. R. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira *Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons-cactaceae) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotécnica**, v. 23, n. 1, p. 179-186, 1999.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; McALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p. 185-197, 1994.

TILLEY, J. M. A., TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v. 18, p. 104-111, 1963.

TORRES, L. C. L. *et al.* Substituição da palma gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2264-2269, 2009.

TOSTO, M. S. L. ; ARAÚJO, G. G. L. ; OLIVEIRA, R. L. ; BAGALDO, A. R. ; DANTAS, F. R. ; MENEZES, D. R. ; CHAGAS, E. C. O. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p. 239-249, jul/set, 2007.

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L.; RIBEIRO, L. G. P.; HENRIQUES, L. T.; MENEZES, D. R.; BARBOSA, A. M.; ROMÃO, C. O. *In vitro* rumen fermentation kinetics of diets containing oldman saltbush hay and forage cactus, using a cattle inoculum. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 149-158, 2015.

VALADARES FILHO, S.C., PINA, D. S., CHIZZOTTI, M.L. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S.C., Paulino, P.V.R, Magalhães, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. 1a Ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, p. 142, 2006.

VALENTE, T.N.P., DETMAN, E., QUEIROZ, A.C., VALADARES FILHO, S.C., GOMES, D.I. & FIGUEIRAS, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2565-2573, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, p. 476, 1994.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. & LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F. dos; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmin (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 827- 831, 2009.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, A. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; SILVA, F. M.; SANTOS, V. L. F. dos. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 444-456, abr./jun. 2012.

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. **Journal Agriculture Science**, v. 122, n. 2, p. 173-182, 1994.

WOLIN, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. **Journal of Dairy Science**, v.43, n.10, p.1452–1459, 1960.